BEITRÄGE ZUR KENNTNISS EINIGER ECTOCARPUS-ARTEN DER...

Paul Ernst Hermann Kuckuck



Aus dem Botanischen Institut der Universität Kiel.

Beiträge
zur
Kenntnis einiger Ectocarpus-Arten
der Kieler Föhrde.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde

der philosophischen Fakultät

der

CHRISTIAN-ALBRECHTS-UNIVERSITÄT ZU KIEL

vorgelegt von

Paul Kuckuck
aus Petricken i. Ostpr.

Separatabdruck des Botanischen Centralblattes, Jahrgang 1891, Bd. XLVIII, Heft 40-44.

Druck von Gebr. Gotthelft, Cassel.

1891/92 No 11 imprimatur:
Prof. J. Lehmann
h. t. decanus.

Die folgenden Untersuchungen wurden im Botanischen Institute der Universität Kiel angefertigt und stützen sich zum Theil auf von mir selbst in der Zeit vom März 1890 bis Juni 1891 gesammeltes, zum Theil auf das im Kieler Universitätsherbarium vorliegende Material. Da sich dieselben mit Formen der Umgebung Kiels beschäftigen, so wurden hauptsächlich die von Herrn Prof. Reinke gesammelten Exemplare berücksichtigt, daneben aber auch eine grössere Anzahl von Original-Exsiccaten zur Bestimmung und Vergleichung herangezogen, die anderen Meerestheilen entnommen sind. Ich nenne darunter hauptsächlich die folgenden, für mich wichtigeren Sammlungen:

Areschoug, Algae scandinavicae exsiccatae. — Die Algues marines du Finistère von Crouan. — Die Algues marines de Cherbourg von Le Jolis. — Die Algae Danmonienses von Wyatt. — Die Algae Americae borealis von Farlow. — Eine Sammlung arktischer Algen von Foslie. — Algen des finnischen Meerbusens von Gobi. — Eine Sammlung dänischer Algen von Kolderup-Rosenvinge. — Eine Anzahl von Originalexemplaren des Herbariums Thuret (communic. Bornet). — Die Phycotheca universalis von Hauck und Richter. — Die Exsiccaten von Rabenhorst. — Das Herbarium Suhr. — Zahlreiche Original-Exsiccaten von Lyngbye.

Ferner hatte Herr Professor Kjellman in Upsala die Güte, mir eine Anzahl seiner eigenen Exsiccate und Präparate zur Verfügung zu stellen, wofür ich auch an dieser Stelle dem genannten Gelehrten meinen herzlichen Dank sage. Vor Allem bin ich aber Herrn Professor Reinke für die Winke und Rathschläge, die er mir bei diesen Untersuchungen reichlich zu Theil werden liess, zu lebhaftem Danke verpflichtet.

Schon der ältere Agardh bezeichnet (1.*) p. 36) die Ectocarpen als eine Gruppe, in welcher die Algologen nur zu häufig Täuschungen ausgesetzt waren. Auch ich bin mir bewusst, welche Schwierigkeiten gerade die hier behandelten Formen einer systematischen Behandlung in den Weg stellen, und maasse mir nicht an, hierbei überall das Richtige getroffen zu haben. „Tot enim formis sese jactant species, ut quas non uno eodemque tempore invenimus et comparare possumus vix sciamus, utrum species novae

*) Die in Parenthesen beigefügten Zahlen beziehen sich auf das Litteratur-Verzeichniss am Schlusse der Arbeit.

an jam cognitarum varietates cernendae sint.“ (C. A. Agardh, l. c.)

Erst Kjellman's „Beitrag zur Kenntniss der skandinavischen *Ectocarpeen* und *Tilopteriden*“, welcher im Jahre 1872 erschien, gab eine ausführliche Behandlung der damals bekannten skandinavischen Arten und brachte Klarheit in die sehr verworrene Synonymie von *Ectocarpus* (23.). Vor Allem erfuhren auch die beiden Arten *Ectocarpus confervoides* Roth spec. und *Pylaiella litoralis* L. spec. eine eingehendere Berücksichtigung.

Das Kützing'sche Genus *Corticularia*, welches sich auf die sehr variable Berindung stützt, habe ich nach dem Vorgange Kjellman's und anderer Autoren mit *Ectocarpus* vereinigt, während ich, entgegen Kjellman, aber mich dem Beispiele Crouan's, Farlow's und Reinke's anschliessend, das Genus *Pylaiella*, welches Bory 1823 aufstellte, als Subgenus der Gattung *Ectocarpus* unterordne. *Pylaiella litoralis* unterscheidet sich in seinen pluriloculären Sporangien keineswegs von den typischen Formen des *E. siliculosus* (in der unten vorgenommenen Begrenzung), dessen Sporangien nicht nur oft Haare, sondern auch chromatophorenreiche Zellreihen aufgesetzt sind. Andererseits sind gerade für die Subspecies *divaricata* Kjellm. terminale pluriloculäre Sporangien charakteristisch. Auch die uniloculäre Sporangienform erscheint in extremen Fällen, z. B. bei *E. varius* (*Pylaiella varia* Kjellm.), den ich als Subspecies zu *E. litoralis* ziehe, terminal auf ein-wenigzelligem Stiel und gleicht darin den entsprechenden Sporangien anderer *Ectocarpus*-Arten. Endlich kommen auch intercalare, uniloculäre Sporangien, wie Reinke (40. Taf. 20, Fig. 6) gezeigt, bei *Ectocarpus ovatus* vor, und ich selbst konnte ähnliche Fälle für *Ectocarpus penicillatus* Ag. constatiren.

Auch die Einziehung von *Streblonema* Derb. et Sol. erfährt durch einige von mir beobachtete Fälle eine Unterstützung. Sporangienformen, wie sie Pringsheim (37. p. 13, Taf. 3, Fig. B.) für *Streblonema fasciculatum* Thur. (= *Ectocarpus Pringsheimii* in Reinke's Algenflora) abbildet, fand ich auch bei in der Cultur gewachsenen Formen von *E. dasycarpus* n. sp., deren vegetativer Theil nicht in einem kriechenden, sondern reich entwickelten, aufrechten Thallus bestand.

In seiner Flora (39. p. 43) fasst Reinke unter dem Namen *Ectocarpus confervoides* Roth sp. alle Ectocarpen der westlichen Ostsee zusammen, welche bandförmige, verzweigte Chromatophoren besitzen. Doch sei dabei bemerkt, dass auch *E. tomentosus* Huds. sp. sich durch den Besitz bandförmiger, z. Th. wie bei *E. confervoides* spiralig gewundener Chromatophoren auszeichnet, die aber unverzweigt zu sein pflegen. Reinke's Vermuthung, dass in der von ihm vorgenommenen Umgrenzung des *Confervoides*-Typus genauere Untersuchungen zu einigen Aenderungen führen würden, findet in der nachstehenden systematischen Uebersicht eine Bestätigung.

Die Species *Ectocarpus litoralis* L. sp. habe ich mit der schon 1872 von Kjellman (23.) erweiterten Charakterisirung übernommen,

jedoch, wie schon bemerkt wurde, auch seine *Pylaiella varia* hineingezogen.

Nur zwei Merkmale sind für die beiden Formenkreise von völlig durchgreifender Bedeutung: Die Gestalt der Chromatophoren und die Verzweigung. Auf beide Punkte wird weiter unten näher eingegangen werden. Hier sei nur bemerkt, dass bei *Ectocarpus litoralis* L. sp. die Chromatophoren aus zahlreichen linsenförmigen Platten, bei *Ectocarpus confervoides* Roth sp. und verwandten Arten aus verzweigten Bändern bestehen. Bei der ersteren Art ist die Verzweigung zerstreut oder opponirt, bei den letzteren durchweg zerstreut. Aber während selbst bei den Formen von *E. litoralis* L. sp., die sich durch eine zerstreute Verästelung auszeichnen, die opponirte Zweigstellung nicht eben selten ist, wurde dieselbe bei *E. siliculosus* Dillw. sp., *E. confervoides* Roth sp., *E. dasycarpus* n. sp. und *E. penicillatus* Ag. in keinem einzigen Falle von mir beobachtet und ist so völlig ausgeschlossen, dass man Individuen, deren Chromatophoren zerstört sind, die aber, wenn auch als seltene Ausnahmen, opponirte Verzweigung zeigen, ohne Weiteres von den letztgenannten Arten ausschliessen darf.

Systematisches.

I. Der Formenkreis von *Ectocarpus litoralis* L. sp. (erweitert).

Ectocarpus litoralis L. sp. muss trotz seiner in der Regel mächtigen vegetativen Entwicklung — so erreichen Büschel von *α. oppositus* forma *typica* und forma *subverticillata* nicht selten die Länge von 0,3 m — als der phylogenetisch am tiefsten stehende Typus der Gattung *Ectocarpus* aufgefasst werden. Das Wachsthum ist intercalar und nur hin und wieder undeutlich trichothallisch; echte Phaeosporeenhaare mit basalem Vegetationspunkte fehlen vollkommen. Die Verzweigung ist eine sehr variable, und die Schwierigkeit der näheren Bestimmung wird dadurch nicht selten erhöht, dass ein Zweigbüschel einer Pflanze z. B. sehr regelmässig opponirte Stellung der Aeste zeigt, während bei einem anderen Zweigbüschel desselben Individuums die Stellung fast ebenso häufig abwechselnd oder fast einseitig ist. Doch ist im Gegensatz zu dem zweiten Formenkreise eine durchgehende Hauptaehse deutlich erkennbar und durchzieht die Pflanze meist in gerader Richtung, ohne an den Verzweigungsstellen eine Knickung zu erfahren. Irrelevant erscheint mir der Umstand, ob die Zweige letzter Ordnungen sich nach oben verdünnen oder nicht; es hängt dies vollkommen von ihrem Alter ab. — Beide Sporangienformen, die uniloculäre wie die pluriloculäre, entstehen im typischen Falle durch Umwandlung vegetativer, im Verlauf des Fadens liegender Zellen und tragen bei der Reife an ihrer Spitze eine mehr oder weniger lange Reihe vegetativer Zellen, welche in ein farbloses Haar auslaufen können („spröt“ der schwedischen Algologen). Uniloculäre Sporangienketten, deren Sporangien parallel zur Längsachse breit gedrückt sind und nur wenig über den fadenförmigen

Thallus hervorragen, unterscheiden sich deshalb hinsichtlich des Grades ihrer Differenzirung kaum von fertilen Zellen einer *Ulothrix* oder einer *Cladophora lanosa.* — Der Habitus ist zuweilen sogar bei einer und derselben Form Schwankungen unterworfen. Die seilartige Zusammendrehung, welche die Autoren zur Aufstellung einer forma *firma* und *compacta* veranlasste, entsteht dadurch, dass fast gleich dicke Hauptachsen und Achsen erster Ordnungen sich um einander winden; sie ist bei festgewachsenen Formen am häufigsten und scheint eine Wirkung der Wellenbewegung zu sein. Losgerissene Büschel breiten sich meist zu unregelmässigen, wolkenförmigen Watten aus und verwirren sich nur mit ihren Hauptverzweigungen lose in einander.

Dennoch erscheint mir die Eintheilung, welche Kjellman in seinem 1890 erschienenen Handbuch (26. p. 84 ff.) vornimmt, als die zweckmässigste, und es ist nur zu bedauern, dass nicht auch in anderen Meerestheilen dieser interessanten Formengruppe eine eingehendere Berücksichtigung zu Theil geworden ist.

Dadurch, dass man auch *Ectocarpus varius* Kjellman sp. zu einer Subspecies degradirt, erhält man eine völlig continuirliche und durch keine Lücke unterbrochene Reihe; *α. oppositus* f. *typica, subverticillata, rectangulans, β. firmus* f. *typica, subglomerata* und *livida* zeigen völlig intercalare Sporangien, *α. oppositus* f. *rupincola* und *β. firmus* f. *pachycarpa* zeigen nur wenige vegetative Zellen über den Sporangien, bei *γ. divaricatus* sind die Sporangien sehr oft terminal, die pluriloculären aber noch meist lang und cylindrisch, die uniloculären in Ketten von zwei bis vielen Sporangien vereinigt; *δ. varius* weist uniloculäre Sporangien auf, wie sie für höher stehende Ectocarpen charakteristisch sind.

Farlow (13. p. 73) beschreibt einen *E. litoralis,* den er als forma *robusta* bezeichnet, welcher sich durch kräftige, opponirte Zweige und uniloculäre Sporangien, die durch Längswände getheilt sind, auszeichnet. Dergleichen Bildungen sind nicht selten, doch fand ich sie massenhaft entwickelt nur bei gewissen Formen von *β. firmus.*

Wie sehr die Ausbildung der Sporangien von äusseren Einflüssen abhängen kann, erfuhr ich bei einem Exemplar von *β. firmus* f. *typica,* welches beim Einsammeln normale intercalare, pluriloculäre Sporangien trug, nach einigen Wochen aber in der Cultur sich mit einer grossen Anzahl von kurzen terminalen Sporangien bedeckt hatte, die sich in nichts von typischen pluriloculären Sporangien von *δ. varius* unterschieden.

Der Vollständigkeit halber habe ich mir erlaubt, diejenigen von Kjellman unterschiedenen Formen, die ich in der Kieler Föhrde nicht auffand, in die ausführliche systematische Uebersicht einzufügen. Die folgende kurze Zusammenstellung der hiesigen Formen dürfte bei einer Bestimmung einige Erleichterung gewähren.

A. Sporangien intercalar.

1. Verzweigung vorwiegend opponirt. *α. oppositus.*
   a. Zweige in einem spitzen Winkel abgehend.

α. Sterile und fertile Zweige in lange Haare auslaufend. Von gelblicher Farbe.
* Zweige letzter Ordnung locker stehend. f. *typica.*
** Zweige letzter Ordnung zu Büschelchen zusammengedrängt. f. *subverticillata.*
β. Sterile Zweige oft bis zur Spitze chromatophorenreich; fertile Zweige mit ein bis wenigen chromatophorenhaltigen Zellen an der Spitze. Von brauner Farbe. f. *rupincola.*
b. Zweige in einem nahezu rechten Winkel abgehend. f. *rectangulans.*
2. Verzweigung vorwiegend zerstreut. β. *firma.*
a. Vegetativ stark entwickelt; Hauptachse bis 50 μ dick.
α. Uniloculäre Sporangienketten lang.
* Zweige letzter Ordnung locker stehend. f. *typica.*
** Zweige letzter Ordnung gedrängt. f. *subglomerata.*
β. Uniloculäre Sporangien einzeln oder zu wenigen vereinigt. f. *livida.*
b. Bis 7 mm hoch, meist schon die Zweige erster Ordnung fertil; Hauptachse bis 18 μ dick. f. *pachycarpa.*
B. Sporangien meist terminal; Zweige unregelmässig, oft rechtwinklig abstehend.
1. Uniloculäre Sporangienketten mit zwei bis vielen Sporangien. Pluriloculäre Sporangien lang, cylindrisch. γ. *divaricata.*
f. *ramellosa.*
2. Uniloculäre Sporangien meist einzeln oder zu wenigen vereinigt, pluriloculäre Sporangien kugelig, ei- oder würfelförmig. δ. *varia.*
a. Vegetativ stark entwickelt.
α. Büschel lose, verworren, bis 30 cm lang; Zellen bis 45 μ dick. f. *typica.*
β. Büschel festgewachsen, bis 3 cm hoch; Zellen bis 30 μ dick. f. *contorta.*
b. Bis 3 mm hoch, einfach oder spärlich verzweigt. f. *pumila.*

Ectocarpus litoralis L. sp. (erweit.).

Syn.: *Conferva litoralis* ad part. Linné, Spec. Plant. Ed. I. p. 1165.
Pylaiella litoralis ad part. Kjellm., Bidrag u. s. w. p. 99 ff.
„ „ „ „ Kjellm., Handbok. p. 83 ff.

Diagnose: Thallus meist reich verzweigt, Zweige opponirt oder zerstreut. Echte Phäosporeenhaare fehlen. Uniloculäre Sporangien intercalar, zu Ketten vereinigt oder terminal, bald in Ketten, bald einzeln, kugelig, ellipsoidisch oder scheibenförmig. Pluriloculäre Sporangien intercalar, cylindrisch oder terminal, dann bald lang cylindrisch, bald kurz kugelig-eiförmig oder fast würfelförmig. Chromato-

phoren zahlreiche, rundliche, locker liegende oder polygonale, dicht liegende Scheiben.

Subspecies *α*.

oppositus.

Verzweigung vorwiegend opponirt.

1. forma *typica*. Hellgelb-gelbbraun. Büschel bald, besonders an *Fucus vesiculosus*, festgewachsen, dann 5—30 cm hoch, aus mehreren oben freien, unten zusammengedrehten Büschelchen bestehend, bald lose zwischen Seegras flottirend, dann oft sehr grosse, wolkenförmige Massen bildend. Hauptachse bis 45 μ (bei Kjellman 50—60 μ) dick; Zellen an den Querwänden etwas eingeschnürt, halb so lang bis eben so lang, seltener länger, als breit. Chromatophoren locker liegend. Zweige in einem mehr oder minder spitzen Winkel abgehend. Haare auch an den fertilen Zweigen entwickelt, nach oben nur sehr allmählich verdünnt. Pluriloculäre Sporangien fast cylindrisch, meist wenig dicker, als die vegetativen Zellen, im unteren Theil der Zweige entwickelt, 18—30 μ dick, bis 200 (meist 100) μ lang. Uniloculäre Sporangien in Ketten von variabler Länge.

Ueberall häufig; April—September.

Syn. *Ectocarpus brachiatus* C. A. Agardh, Spec. Alg. Vol. II. p. 42 und Syst. Alg. p. 162.
Ectocarpus litoralis β. brachiatus J. G. Ag., Spec. Alg. Vol. I. p. 18 u. 19 (mit treffenden Bemerkungen über den Formenwechsel).
Ectocarpus litoralis β. brachiatus Aresch., Phyc. Scand. p. 176.
Ectocarpus litoralis f. *vernalis* ad part. Kjellman, Bidrag etc. p. 100.
Pylaiella litoralis α. opposita f. *typica* Kjellman, Handbok. p. 84.

Exsicc. *Ectocarpus firmus* f. *vernalis* Aresch., Alg. Scand. exs. Fasc. 4. No. 173.

Bemerk. Die Pflanze ist von der Kjellman'schen *P. litoralis α. opposita* f. *typica* nur wenig unterschieden. Die Dicke der Hauptachse ist geringer und die Verzweigung auch bei den Aesten höherer Ordnung noch sehr regelmässig opponirt. Die Büschel variiren in Grösse und Habitus ausserordentlich; zuweilen fructificiren sie schon bei einer Höhe von 2 mm, und ich fand dann sogar völlig unverzweigte Fäden, die ein einziges nach der Spitze gerücktes pluriloculäres Sporangium besassen. *Pylaiella nana* Kjellm. (26. p. 83), welcher sich derartige Büschel nähern, bildet jedoch kleine Polster von 1 mm Höhe und zeichnet sich durch eine reiche vegetative Entwicklung in horizontaler Richtung aus.

2. forma *subverticillata*. Zweige letzter und vorletzter Ordnung sehr gedrängt und kleine Zweigbüschelchen bildend, zuweilen in alternirenden, zweigliederigen, seltener in viergliederigen Wirteln stehend s. w. v.

Zugleich mit der vorigen.

Syn. *Ectocarpus subverticillatus* Kützing, Phyc. germ. p. 255 und Spec. Alg. p. 458.

Abbild *Ectocarpus subverticillatus* Kützing, Tab. phyc. 5. tab. 77. fig. II.

3. forma *rupincola*. Dunkelbraun — fast schwarzbraun. Büschel bis 8 cm hoch, wiederholt in pinselig ausgebreitete, nach unten stark verschmälerte oder der ganzen Länge nach fest zusammengedrehte und verfilzte Büschelchen zertheilt, stets festgewachsen. Zweige in einem spitzen Winkel entspringend, meist bis zur Spitze chromatophorenreich, nur selten in ein kurzes Haar auslaufend,

zuweilen abgestutzt und stumpf endigend; Zweige letzter Ordnung in der Jugend kurz-pfriemig und oft etwas angedrückt. Zellen meist rein cylindrisch und an den Querwänden nicht eingeschnürt, in der Hauptachse 15—30 (meist 22) μ dick. Chromatophoren dunkelbraun, dicht gelagert und sich gegenseitig polygonal abplattend. Pluriloculäre und uniloculäre Sporangien oft auf derselben Pflanze; die ersteren von wechselnder Länge, bis 320 μ lang, stets bedeutend dicker als die vegetativen Zellen, 25—45 μ dick, cylindrisch, etwas höckerig oder gürtelförmig eingeschnürt, mit meist nur kurzem Haar an der Spitze; die letzteren in der Regel sehr lange Ketten bildend, kugelig und mit wenigen chromatophorenhaltigen Zellen an der Spitze.

An *Fucus vesiculosus* Balkenwerk u. s. w. festgewachsen, überall häufig; August—Mai, in den übrigen Monaten, wie es scheint, verschwindend.

Syn. *Ectocarpus litoralis* f. *vernalis* ad part. bei Kjellman, Bidrag etc. p. 100 f.
Pylaiella litoralis α. *opposita* f. *rupincola* Kjellm., Handbok. p. 84.
Ectocarpus firmus var. *rupincola* Areschoug.
Abbild. Kützing, Tab. phyc. 5. tab. 76. fig. I.

Bemerk. Bei dem von Kjellman citirten Exsiccat der Areschoug-schen Sammlung No. 113 sind die uniloculären und pluriloculären Sporangien haartragend.

4. forma *rectangulans*. Bildet grosse, etwas verworrene, gelbbraune, meist frei zwischen Seegras flottirende Büschel oder Watten von unbestimmter Gestalt. Verzweigung ziemlich regelmässig opponirt; Zweige lang, im rechten oder nahezu rechten Winkel abgehend, gerade oder im Bogen aufsteigend, entfernt stehend. Vegetative Zellen bis 40 μ dick, nicht oder nur wenig an den Querwänden eingeschnürt, meist halb so lang oder eben so lang als dick. Uniloculäre und pluriloculäre Sporangien haartragend oder nur mit wenigen vegetativen Zellen an der Spitze, in lange oder kurze Aeste eingesenkt, im ersteren Falle nach oben gerückt.

Vorzugsweise in brackigem Wasser, Diedrichsdorf, Heikendorf; Mai—Juni.

Bemerk. In seinem Handbuch](26.) unterscheidet Kjellman noch folgende Formen:

f. *elongata* Kjellm. mscr. Büschel locker, fast ganz unverworren, blassgelb-braun; Gametangien (= pluriloculäre Sporangien) länger und schmäler als bei f. *typica*, gewöhnlich über 300 μ lang und nur c. 20—25 μ dick;

f. *crassiuscula* Kjellm. mscr. Wenig büschelig, hellbraun mit kurzen und dicken, 50—75 μ langen, 60—65 μ dicken, cylindrisch bis cylindrischspulförmigen, zuweilen terminalen Gametangien;

f. *nebulosa* Kjellm. mscr. Bildet schliesslich auf der Wasseroberfläche ausgebreitete, wolkige, mehr oder minder verfilzte Massen. Sprosssystem sehr locker verzweigt, mit meistentheils opponirten Aesten. Hauptspross 35—40 μ dick; seine Zellen $1^1/_2$—3 mal so lang als dick.

Subspecies β.

firmus.

Verzweigung vorwiegend zerstreut, falschgabelig, abwechselnd oder fast einseitig.

1. forma *typica.* Bildet bis 12 cm hohe Büschel von sehr verschiedenartigem Habitus auf *Fucus vesiculosus*, *Mytilus*, Steinen u. s. w. in der unteren litoralen Region. Büschel bald buschig und nur in wenige breite Büschelchen zertheilt, bald aus zahlreichen wiederholt verzweigten Büschelchen bestehend. Büschelchen unten zusammengedreht und verfilzt, oben pinselig ausgebreitet, bald der ganzen Länge nach seilartig dünn. Uniloculäre und pluriloculäre Sporangien auf verschiedenen Individuen. Pflanzen mit uniloculären Sporangien oben pinselig ausgebreitet, nur sehr selten gegenständig verzweigt. Hauptachse 50 μ dick, in ein 30 μ dickes Haar auslaufend. Zellen der Hauptachse unten so lang oder doppelt so lang wie breit, an den Querwänden nicht eingeschnürt; Zellen der Zweige halb so lang bis eben so lang wie breit, an den Querwänden nur wenig oder gar nicht eingeschnürt. Ausgewachsene Aestchen in ein gleich breites Haar auslaufend. Uniloculäre Sporangien oft scheibenförmig, d. h. in der Richtung der Längsachse des Fadens, in dem sie liegen, breitgedrückt, breiter als die vegetativen Zellen, bis 45 μ breit, nicht selten durch ein oder mehrere Längswände getheilt, in ein Haar auslaufend oder seltener nur mit einer bis wenigen vegetativen Zellen an der Spitze der Ketten. Chromatophoren dicht liegend, gelbbraun. Pflanzen mit pluriloculären Sporangien zarter, in viele Büschelchen zertheilt. Opponirte Zweige nicht selten. Hauptachse 30—40 μ dick, in ein 20—25 μ breites Haar auslaufend. Pluriloculäre Sporangien meist so dick als der Zweig, in dem sie liegen, 20—30 μ dick und 80—200 (meist 120) μ lang, stets in ein Haar auslaufend. Chromatophoren dicht liegend, gelb.

Von Mai bis September häufig in der Kieler Föhrde.

Syn. *Ectocarpus siliculosus γ. firmus* C. A. Agardh, Spec Alg. Vol. II. p. 38
Ectocarpus firmus J. G. Agardh, Spec. Alg. Vol. I. p. 23.
Ectocarpus firmus Areschoug, Phyc. Scand. p. 173.
Vergleiche auch die Synonymie bei Kjellman (22. p. 104).

Exsicc. *Ectocarpus firmus* Aresch., Alg. scand. exs. Fasc. 1. No. 24.
Ectocarpus firmus bei Le Jolis, Alg. mar de Cherbourg. No. 68.
Ectocarpus firmus bei Crouan, Alg. mar. du Finistère. No. 30.
Ectocarpus firmus Rabenhorst, Algen Europas. No. 1872.
Ectocarpus litoralis Wyatt. Alg. Danm. No. 129.

2. forma *subglomerata.* Zweige letzter Ordnung zu Zweigbüschelchen zusammengedrängt. Bildet bis 15 cm lange, hellrostbraune, ursprünglich festgewachsene, in garnartig zusammengedrehte, seitlich unverworrene Büschelchen zertheilte, später sich losreissende und mit anderen Algen (*Florideen*) verwickelte, oft etwas verfilzte Büschel oder Ballen. Sterile und fertile Aeste in Haare auslaufend. Zellen der Hauptachse 30—40 μ dick; Chromatophoren locker liegend, gelb.

August bis October.

3. forma *livida.* Bildet zarte, hellgelbe, nur unten lose zusammengedrehte Büschel auf *Fucus vesiculosus* von 6 cm Höhe. Verzweigung zerstreut, hin und wieder opponirt; Zweige aufrecht bis fast angeschmiegt, in Haare auslaufend. Vegetative Zellen bis 40 μ dick, meist doppelt so lang als breit. Chromatophoren locker

liegend, hellgelb. Die Form zeichnet sich durch die sehr kurzen Sporangienketten (2—4 Sporangien) aus, die in ein langes Haar auslaufen und zuweilen sessil sind oder auf einer langen Stielzelle stehen. Nicht selten stehen die uniloculären Sporangien auch einzeln intercalar.

Wieker Bucht, im Mai.

4. forma *pachycarpa*. Bildet bis 7 mm hohe, völlig unverworrene, gelbbraune Büschel. Verzweigung nie opponirt, regelmässig abwechselnd oder fast einseitig. Hauptachse bis 18 μ dick, ihre Zellen meist zwei (und mehr) Mal so lang als breit, in den Nebenästen kürzer, tonnenförmig. Chromatophoren sehr dicht. Die Hauptachse entsendet nur ein bis wenige Langtriebe; Kurztriebe pfriemig zugespitzt, zumeist in gestielte pluriloculäre Sporangien verwandelt, denen nur ein bis wenige vegetative Zellen dornartig aufsitzen. Pluriloculäre Sporangien bedeutend dicker als die vegetativen Zellen, bis 45 (meist 30) μ dick und bis 250 (meist 150) μ lang, zonenförmig eingeschnürt, cylindrisch oder sich aufwärts wenig verjüngend; oft auch im oberen Theile der Langtriebe entwickelt und dann durch vegetative, Fruchtzweige entsendende Zellen unterbrochen. Uniloculäre Sporangien spärlich auf demselben Individuum, zu ca. 10 in Ketten vereinigt, kugelig. Faden im oberen Theil oft hin- und hergebogen.

Die Pflanze fand sich im Mai an der Glaswand eines Gefässes, in welchem ein Stein aus ca. 15 m Tiefe cultivirt wurde. Sie steht wahrscheinlich der Kjellman'schen forma *parvula* sehr nahe, unterscheidet sich aber von ihr durch die bedeutend dünnere Hauptachse.

Bemerk. Ich lasse wiederum die ausserdem noch von Kjellman unterschiedenen Formen dieses Subgenus hier folgen:

f. *olivacea* Kjellm. mscr. Büschelig, tief olivenbraun. Büschel aus sehr zahlreichen, feinen, unten fest zusammengedrehten Büscheln bestehend. Hauptspross und Hauptzweige 40—50 μ dick. Gametangien gross und lang. Sonst wie f. *typica*;

f. *macrocarpa* Foslie, Nye Havsalg. 5, 179, t. 2 f. 13—15. Sprosssystem unten entfernt, oben dichter unregelmässig verzweigt, mit theilweise einseitigen, zuweilen in Gruppen von 2—4 einseitig von benachbarten Zellen entspringenden Zweigen. Sporangienketten bis zu 40 Sporangien enthaltend. Gametangien cylindrisch oder cylindrisch kegelig, 180—1320 μ lang und 24—36 μ dick;

f. *parvula* Kjellm. mscr. Büschelig, ganz unverworren, 3—5 mm hoch Verticales Sprosssystem sehr sparsam verzweigt, mit meist verzweigten, nach der Spitze schwach verdünnten, regelmässig alternirenden Zweigen, die meisten bei den Gametangien-Exemplaren mit den Gametangien weiter unten oder nicht selten an der Spitze. Hauptachse 30—40 μ dick mit 1—2 mal so langen als dicken Zellen. Gametangien cylindrisch spulförmig bis cylindrisch kegelig, kurz, c. 20—30 μ dick.

Subspecies γ.

divaricatus Kjellm. mscr.

Sprosssystem reich verzweigt mit unregelmässig zerstreuten, abstehenden bis sparrigen, oft bogenförmigen, nicht oder nur schwach nach der Spitze verdünnten Zweigen (sec. Kjellman, Handbok, p. 85).

Bemerk. Von Kjellman aufgeführte Vertreter dieser Subspecies sind von mir bei Kiel selbst nicht gefunden worden. Auch im Kieler Herbarium befindet sich nur ein aus dem Herbarium Fröhlich stammendes Exemplar von Sonderburg, welches als f. *compacta* bezeichnet ist und als *γ. divaricata f. typica* Kjellm. von mir bestimmt wurde. Dagegen gelang es mir, in einer reichhaltigen Sammlung von Formen des *E. litoralis* der Danziger Bucht, die mir Herr Dr. Lakowitz in Danzig so freundlich war zur Verfügung zu stellen, die von Kjellman als für die Ostsee eigenthümlich bezeichneten Formen *praetorta* und *aegagropila* aufzufinden. Die folgende Form führt Kjellman nicht auf:

1. forma *ramellosa*. Bildet dunkel- bis fast schwarzbraune verfilzte Büschel von c. 4 cm Höhe auf *Fucus vesiculosus*. Zweige zerstreut oder hin und wieder opponirt, oft im rechten Winkel entspringend. Uniloculäre Sporangien intercalar oder sehr oft in terminalen, kurz oder langgestielten, zuweilen sitzenden, wenig bis zu 15 Sporangien enthaltenden Ketten, kugelig. Pluriloculäre Sporangien intercalar oder ebenfalls terminal, lang cylindrisch oder kurz, fast würfelförmig (wie bei Subspecies δ), schief abgestutzt.

Festgewachsen an *Fucus vesiculosus*, Pfählen, Brücken, gern im brackigen Wasser. Herbst.

Syn. *Ectocarpus ramellosus* ad part. Kütz., Spec. Alg. p. 459.
Abbild. Kützing, Tab. phyc. Bd. V tab. 78.

Nachfolgend die Kjellman'schen Formen:

f. *typica* (f. *compacta* auct.; zum Theil). Büschelig, festgewachsen, tief sattbraun-schwarzbraun, jedes Büschel aus zahlreichen, fest zusammengedrehten, garnartigen Büscheln bestehend. Hauptachse und Hauptzweige 45—60 μ dick; Büschel 10—15 cm hoch. Verticales Sprosssystem mit deutlich durchgehender Hauptachse, von welcher im hohen Grade unregelmässig längere und kürzere, dicht sitzende, sparrige, oft bogenförmige, zuweilen knieförmige, ziemlich steife und spröde, nach der Spitze kaum merkbar sich verdünnende, wiederholt verzweigte oder einfache Aeste ausgehen. Sporangienketten terminal, kurz, meist aus nur 2—8 zusammengedrückt-kugelrunden Sporangien bestehend. Gametangien cylindrisch, selten mehr als 120 μ lang und 60 μ dick, zuweilen terminal. Sprosszellen fast cylindrisch, sehr chromatophorenhaltig, 1—2 mal so lang als dick;

f. *praetorta* Kjellm. mscr. Büschelig, tief-hellolivenbraun, 5—10 cm hoch. Jedes Büschel aus zahlreichen, fest zusammengedrehten und verfilzten, garnartigen, filzigen, einfachen oder verzweigten Büscheln bestehend. Verticales Sprosssystem ziemlich locker, unregelmässig und ungleichförmig verzweigt. Mehrzahl der Zweige lang, gebogen oder gewunden. Hauptachse und Hauptzweige 20—30 μ dick. Sporangien selten einzeln, terminal, meist kurze nicht selten terminale Ketten bildend. Sprosszellen cylindrisch oder cylindrisch-ellipsoidisch, 2—4 mal so lang als dick;

f. *aegagropila* Kjellm. mscr. Bildet kleine, frei auf dem Boden liegende, leicht verfilzte, hellolivenbraune Ballen. Sprosssystem etwas feiner, langzelliger und unregelmässiger verzweigt, mit stärker abstehenden Aesten als bei voriger, der sie im Uebrigen gleicht.

f. *subsolsa* Kjellm. mscr. Bildet tief olivenbraune bis fast schwarzbraune, schliesslich frei flottirende oder in andere Algen verwickelte, etwas verfilzte, unregelmässige Massen. Sprosssystem locker, ziemlich regelmässig und gleichförmig verzweigt. Hauptachse ca. 30 μ dick. Sprosszellen 1—1½ mal so lang als dick.

Subspecies δ.

varius.

Verzweigung vorwiegend opponirt, aber häufig auch unregelmässig zerstreut, abwechselnd oder einseitig. Längere Zweige im Winkel von 45°, kürzere Zweige und Sporangienäste im Winkel

von nahezu 90° abgehend. Fäden gleichmässig cylindrisch, an den Querwänden nicht eingeschnürt. Zellen in der Regel länger als dick, 25—45 μ dick, mit derben Aussenwänden. Uniloculäre und pluriloculäre Sporangien auf verschiedenen Pflanzen, meist terminal, selten intercalar. Uniloculäre Sporangien kugelig bis ellipsoidisch, meist einzeln, auf ein- bis wenigzelligem Stiel, nie sessil, oder zu mehreren seitlich und terminal auf spärlich verzweigten, kurzen Aestchen, selten in kurzen Ketten, den Achsen aller Ordnungen angeheftet. Pluriloculäre Sporangien kugelig, eiförmig, ellipsoidisch oder von mehr eckigen Umrissen bis fast würfelförmig, stumpf oder schief abgestutzt, nie in eine scharfe Spitze verlängert, meist einzeln auf kurzem Stiele, nie sitzend, an den Achsen aller Ordnungen stehend. Kürzere oder längere intercalare pluriloculäre Sporangien bei manchen Exemplaren häufig.

1. forma *typica*. Bildet bis 30 cm lange, verworrene, oft in breite, innen seilartig zusammengedrehte Büschelchen zertheilte, rostbraune, ursprünglich festgewachsene, später frei auf dem Boden liegende oder in andere Algen verwickelte Büschel oder Watten in der litoralen und sublitoralen Region. Verzweigung vorwiegend opponirt, aber nach den Spitzen der Hauptachsen nicht gedrängt. Fertile Kurztriebe in der Regel senkrecht abstehend, an den Achsen aller Ordnungen, einzeln oder einem Langtrieb oder seltener einem anderen Kurztrieb opponirt. Zellen bis 45 μ dick, meist 2—3 mal so lang als dick. Pluriloculäre Sporangien auf 1—4 zelligem Stiel, ca. 36 μ breit und ca. 45 μ lang, eiförmig, kugelig-ellipsoidisch oder würfelförmig, doppelt so dick als die Stielzellen. Uniloculäre Sporangien meist einzeln, zuweilen auf kurzen, verzweigten Aestchen. Nicht selten trägt das pluriloculäre oder uniloculäre Sporangium ein bis zwei vegetative Zellen auf dem Scheitel.

Kieler Föhrde; Mai bis December.

Syn. *Pylaiella varia* Kjellm., Alg. arct. Sea S. 282. t. 27. f. 1—12. Vergl. auch Kjellman, Handbok p. 83.

2. forma *contorta*. Bildet bis 3 cm hohe, in wenige schmale oder oben ausgebreitete, seilartig zusammengedrehte und etwas verfilzte Büschelchen zertheilte, dunkelrostbraune Büschel an *Fucus vesiculosus* und *serratus* in der litoralen Region. Verzweigung vorwiegend opponirt. Zellen 25—30 μ dick. Pluriloculäre Sporangien nicht selten in Langtrieben intercalar. Uniloculäre Sporangien fehlen.

August bis September; Bülk, Vossbrook.

3. forma *pumila*. Bildet bis 3 mm hohe, völlig unverworrene gelbe bis rostbraune Büschel auf *Fucus* in der litoralen Region. Thallus in der Regel einfach oder nur sehr spärlich verzweigt, 22—25 μ dick, in ein wenig verdünntes Haar auslaufend. Fertile Kurztriebe senkrecht an der Hauptachse entspringend, einzeln. Pluriloculäre Sporangien wie bei forma *tpyica*, aber nie cylindrisch verlängert. Uniloculäre Sporangien fehlen.

August; Vossbrook.

II. Der Formenkreis von *Ectocarpus confervoides* Roth sp. (nebst verwandten Formen).

Kjellman charakterisirte in seinem 1872 erschienenen „Bidrag till kännedomen om Skandinaviens Ectocarpeer och Tilopterider" den Formenkreis von *E. confervoides* folgendermaassen:

E. thallo fibrillis alligantibus adnato, decomposito-subdichotomo, segmentis interdum brevissimis, fasciculatis, nudis vel ramellis brevibus plus minus attenuatis obsessis; sporangiis plurilocularibus ovoideis, subulatis vel elongato-conicis, obtusis vel acuminatis, rostratis vel erostratis, pedunculatis vel sessilibus; cellulis zoosporigenis saepissime 4—8 μ longis; sporangiis unilocularibus ovoideo- vel subgloboso-ellipsoideis.

Danach unterscheidet er folgende Formen:

f. *arcta* Kütz. 1843.
f. *siliculosa* (Dillw.) 1809.
f. *spalatina* Kütz. 1843.
f. *confervoides* s. s. (Roth).
f. *penicillata* C. A. Ag. 1824.
f. *hiemalis* Crouan.

Weiterhin führt er von *Ectocarpen*, die sich durch bandförmig-verzweigte Chromatophoren auszeichnen, noch an:

E. pygmaeus Aresch.
E. draparnaldioides Crouan.
E. fasciculatus Harv. 1841 (ad part.).

Während ich mich nun mit diesem Formenkreis genauer beschäftigte, veröffentlichte Kjellman sein Handbok i Skandinaviens Hafsalgflora I (Stockh. 1890), in welcher die einzelnen Arten in etwas veränderter Umgrenzung erschienen. Es werden aufgezählt:

E. fasciculatus Harv.
E. penicillatus Ag.
E. confervoides Roth sp.
f. *typica*.
f. *pygmaea*.
f. *arcta*.
f. *crassa*.
E. siliculosus Dillw. sp.
f. *typica*.
f. *nebulosa*.
E. hiemalis Crouan.
f. *typica*.
f. *spalatina*.

Auch mir erscheint es nach eingehender Prüfung zweckmässiger, *E. penicillatus* Ag. aus dem vielgestaltigen Formenkreise als eigene Art auszuscheiden und die übrig bleibenden Formen in zwei Artenkreise zu zerlegen, *E. siliculosus* Dillw. sp. und *E. confervoides* Roth sp., die sich durch ihre pluriloculären Sporangien wohl deutlich genug unterscheiden. Dagegen dürfte es richtiger sein, *E. hiemalis* Cr. als Form zu belassen und zu *E. siliculosus*, mit dem es die

oft haartragenden Sporangien gemeinsam hat, zu ziehen. *E. fasciculatus* Harv. und *E. draparnaldioides* Cr., die einer genaueren Revision bedürfen, da, wie es scheint, von verschiedenen Autoren zum Theil sehr abweichende Formen darunter verstanden werden, fand ich in der Kieler Föhrde nicht.

A. Hauptäste ohne deutlich begrenzte Zweigbüschel.

1. Pluriloculäre Sporangien, oft in ein langes Haar auslaufend, meist lang cylindrisch oder konisch, 100—600 μ lang. *E. siliculosus.*
   - a. Pluriloculäre Sporangien langpfriemig, bis 275 μ lang, oft in ein Haar auslaufend. f. *typica.*
   - b. Pluriloculäre Sporangien wie bei voriger, aber bedeutend länger, bis 600 μ lang. f. *hiemalis.*
   - c. Pluriloculäre Sporangien kurz eiförmig, nicht oder nur selten in ein Haar auslaufend. f. *arcta.*
2. Pluriloculäre Sporangien pfriemig oder spulförmig, 75—250 (meist 100) μ lang, nie in ein Haar auslaufend. *E. confervoides.*
   - a. Zweige meist in einem Winkel von 30—45° abgehend.
     - α. Pluriloculäre Sporangien 75—100 μ lang und circa 25 μ dick. f. *typica.*
     - β. Pluriloculäre Sporangien bis 250 (meist 160) μ lang und ca. 35 μ dick. f. *nana.*
   - b. Zweige angeschmiegt. f. *penicilliformis.*
3. Pluriloculäre Sporangien wie bei 2, aber gleichmässig cylindrisch. *E. dasycarpus.*

B. Hauptäste mit deutlich begrenzten Zweigbüscheln. *E. penicillatus.*

Ectocarpus siliculosus Dillw. sp. ad part.

Diagnose: Büschelig, schlaff; Büschel bis 30 cm lang, gelblich oder bräunlich, nicht in einzelne Büschelchen zertheilt, fast ganz frei oder nur in der Mitte verfilzt. Verzweigung oben deutlich seitlich, unten falschgabelig, abwechselnd oder einseitg, nie opponirt, ohne terminale, begrenzte Zweigbüschel. Zweige oft bogig aufsteigend, aber nie im rechten Winkel abgehend. Pluriloculäre Sporangien 50—600 μ lang, 12—25 μ dick, pfriemig-kegelförmig, seltener kurz-eiförmig, zuweilen etwas gebogen, sehr oft in ein Haar auslaufend; meist kurz gestielt, seltener sitzend. Uniloculäre Sporangien 30—65 (meist 50) μ lang und 20—27 μ dick, eiförmig, ellipsoidisch, sitzend und dann meist aufrecht-angeschmiegt, oder auf ein- bis wenigzelligem Stiel, dann abstehend.

Diese Art ist sehr formenreich und zeigt zwischen den drei unterschiedenen Formen alle Uebergänge; von der folgenden ist sie jedoch durch die meist längeren Sporangien und durch das

häufige Vorkommen intercalarer plurilocularer, sowie durch den Besitz unilocularer Sporangien unterschieden.

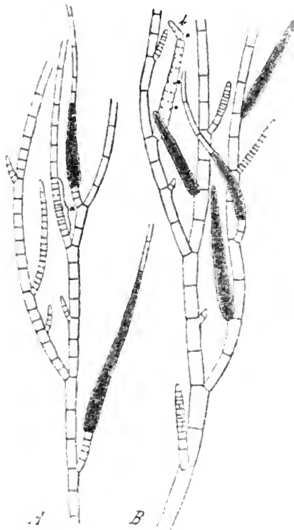


Fig. 1. A, B.

Ectocarpus siliculosus Dillw. sp. f. *typica*, zwei verschiedenen Pflanzen entnommene Zweige mit plurilocularen Sporangien; *a* junge Anlage eines haartragenden Sporangiums, *b* sitzendes entleertes Sporangium mit drei seitlichen durch einen * bezeichneten Oeffnungen. Vergr. 100 : 1.

1. forma *typica*. Bildet anfangs festgewachsene, später frei im Wasser, vorzüglich im Seegras flottirende, oft etwas durch einander geworrene Watten von unbestimmter Grösse und Umgrenzung. Die Verzweigung ist nach der Spitze der Hauptäste oft etwas gedrängt, ohne dass dadurch makroskopisch erkennbare Zweigbüschel entstehen. Zellen in den oberen dünneren und jüngeren Theilen so lang als dick oder etwas länger oder kürzer, in den unteren Theilen oft 4—5 mal länger als dick, an den Querwänden etwas eingeschnürt bis tonnenförmig, 40—60 μ dick. Chromatophoren reich entwickelt, aber meist schmal, in langen, verzweigten, oft sehr regelmässig spiralig verlaufenden Bändern der Zellwand angeschmiegt. Pyrenoide zahlreich, meist so dick als der Chromatophor breit. Haare wohl entwickelt. — Die plurilocularen

Sporangien schwanken an demselben Individuum zuweilen zwischen sehr weiten Grenzen; meist sind sie 200 μ lang, feinpfriemig, langzugespitzt oder mit steriler Haarspitze, auf ein- bis wenigzelligem Stiele oder sitzend (Fig. 1, A und B). In das Sporangium können vegetative Zellen eingesprengt sein. Bei manchen Exemplaren treten auch häufig mehr kurze, gedrungene und nicht in ein Haar auslaufende Sporangien auf, die sich der für forma *arcta* charakteristischen Gestalt nähern. Uniloculäre Sporangien breit-gedrückt-ellipsoidisch, in der Regel sitzend und aufrecht, zuweilen auf einzelligem Stiele abstehend, selten terminal, 50—60 μ lang und 20—25 μ dick. Sie finden sich meist in spärlicher Anzahl mit den pluriloculären Sporangien zusammen auf demselben Individuum; nur einmal fand ich ein Exemplar, das ausschliesslich, und zwar sehr reichlich, uniloculäre Sporangien trug (Fig. 2).

In grösserer Tiefe (15—20 m) fand ich nicht selten eine Form, die sich durch kleine Sporangien (30—60 μ lang, ca. 15 μ breit), welche sich zum Theil als Ersatzsporangien erwiesen, und durch schmutzig gelblich-weisse Farbe auszeichnet. Die 2—4 mal so langen als breiten Zellen zeigen einen bis wenige sehr schmale Chromatophorenbänder, deren Windungen von einander sehr entfernt sind. — Bei einer in der Litoralregion verworrene Watten von röthlicher Farbe bildenden Form waren die Zellwände mit einer hell roth-braun gefärbten, glatten oder durch Risse unterbrochenen Inkrustation bedeckt, die wohl hauptsächlich aus kohlensaurem Kalke bestand.

Mai bis September; häufig in der litoralen und sublitoralen Region.

Syn. *E. siliculosus* excl. var. praet. δ. *nebulosa* C. A. Agardh, Syst. Alg. p. 161—162.
E. siliculosus excl. var. praet. δ. *nebulosa* C. A. Agardh, Spec. Alg. Vol. II. p. 37—38.
E. siliculosus Kütz., Spec. Alg. p. 451.
E. siliculosus f. *typica* und f. *nebulosa* Kjellm., Handbok p. 78.

Syn. nebst Abbild. *E. siliculosus* Kütz., Tab. phyc. Bd. V. tab. 53, I.
E. gracillimus Kütz., Tab. phyc. Bd. V. tab. 58, I.
E. corymbosus Kütz., Tab. phyc. Bd. V. tab. 59, II.
E. siliculosus Harv., Phyc. brit. Vol. I. tab. 162 (vergl. den Text).
E. amphibius Harv., Phyc. brit. Vol. I. tab. 183 (vergl. den Text).
E. viridis Harv., Nereis, Vol. I. p. 140. tab. 12. fig. B.
E. siliculosus Thuret, Rech. s. l. zoosp. des Alg. Pl. 24.
E. siliculosus Lyngbye, Hydr. Dan. tab. 43. fig. C.
E. spalatinus Kütz., Tab. phyc. 5, tab. 63, fig. 2.
Conferva siliculosa Dillwyn, British Conf. Suppl. p. 69. pl. E.
Ceramium confervoides Roth, Cat. I. tab. 8. fig. 3 (Habitus!).

Exsicc. *E. siliculosus* Aresch., Alg. scand. exs. Fasc. 4. No. 176 (non 112).
E. siliculosus Le Jolis, Alg. mar. de Cherb. No. 51.
E. siliculosus Wyatt, Alg. Danm. No. 172.
E. confervoides α. *siliculosus* Hauck und Richter, Phyc. Univ. No. 65.

2. forma *hiemalis*. Bildet 10—25 cm hohe, schlaffe Büschel von brauner Farbe. Pluriloculäre Sporangien 300—600 (meist 350—400) μ lang, 23—37 (meist 25—30) μ dick, an der Basis am breitesten, breiter als die Stielzellen, mit meist kurzer Haarspitze; s. w. v.

An anderen Algen in einer Tiefe von 15—20 m: Juli.

Syn. *Ectocarpus confervoides* f. *hiemalis* bei Kjellman, Bidrag. p. 83.
Syn. u. Exsicc. *Ectocarpus hiemalis* Crouan, Exsicc. No. 26.

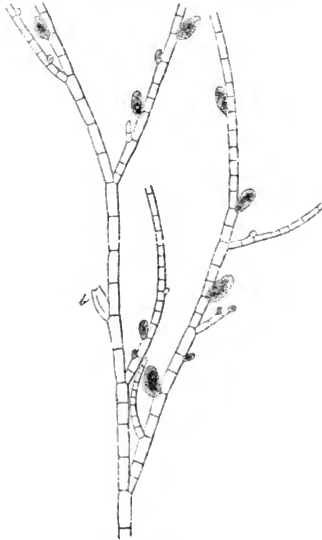


Fig. 2.
Ectocarpus siliculosus Dillw. sp. f. *typica*, ein Zweig mit uniloculären Sporangien; bei *b* ein entleertes Sporangium. Vergr. 100 : 1.

3. forma *arcta*. Bildet gelbbraune, verworrene, frei auf dem Boden liegende Büschel. Zellen bis 63 μ dick, an den Querwänden etwas eingeschnürt bis tonnenförmig. Chromatophoren kräftig entwickelt. Pluriloculäre Sporangien 40—50 μ lang und 20—30 μ dick, eiförmig, stumpf oder etwas zugespitzt, meist ungestielt und mit breiter Basis dem Faden aufsitzend, seltener kurz gestielt und verlängert (bis 140 μ lang) und zuweilen mit steriler Haarspitze. Berindung spärlich.

Meist in grösserer Tiefe zwischen anderen Algen lose liegend; Juni bis August.

Syn. *Ectocarpus arctus* Kütz., Phyc. gen. p. 289.
Ectocarpus arctus Kütz., Spec. Alg. p. 449.
Corticularia arcta Kütz., Tab. phyc. Bd. V. Tab. 80. fig. I.
Ectocarpus intermedius Kütz., Tab. phyc. Bd. V. Tab. 46. fig. I.
Ectocarpus pseudosiliculosus Crouan, Exs. No 27.
Ectocarpus confervoides f. *arcta* in Kjellm., Bidrag p. 71 f. und Handbok p. 77.

Bemerk. Diese Form, welche Kjellman zu *E. confervoides* zieht, scheint mir wegen des Vorkommens länglicher und sogar haartragender Sporangien, sowie wegen der Dicke ihrer Thallnszellen besser zu *E. siliculosus* Dillw. sp. gestellt zu werden.

Ectocarpus confervoides Roth sp.

Diagnose: Büschel aus einzelnen unten zusammengedrehten, oben lockeren Büschelchen zusammengesetzt, oder mehr unverworren, buschig, in der Regel von dunkelbrauner Farbe, stets festgewachsen. Verzweigung zerstreut, seitlich, einseitig oder alternirend, nie opponirt; Zweige meist lang, allmählich verdünnt. Haare meist wenig entwickelt. Zellen an der Basis 18—40 μ dick. Chromatophoren breit bandförmig, verzweigt, auch in den oberen Zweigzellen reichlich vorhanden. Pluriloculäre Sporangien nie in eine Haarspitze auslaufend, kurzpfriemig, spindel- oder spulförmig, sitzend oder kurz gestielt, 70—140 (meist 100) μ lang, ca. 25 μ dick, über die ganze Pflanze

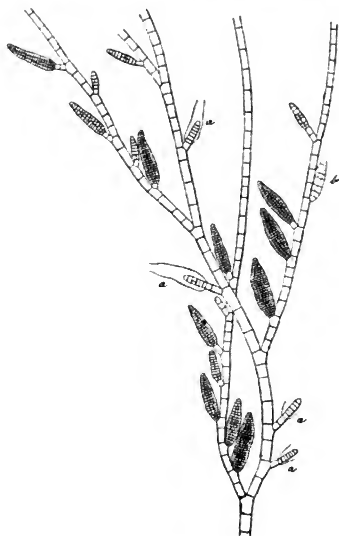


Fig. 3.
Ectocarpus confervoides Roth sp. f. *typica*, ein Zweig mit pluriloculären Sporangien; bei *a* alte Sporangialhülsen mit jungen Ersatzsporangien, bei *b* ein entleertes Sporangium mit apicaler Oeffnung. Vergr. 100 : 1.

vertheilt. Uniloculäre Sporangien fehlen. Wurzelhaare meist spärlich.

1. forma *typica*. Bildet in der Regel an Holzwerk oder *Fucus vesiculosus* (und anderen Algen) festgewachsene, büschelige, dunkelbraune Pflanzen von 1—10 cm Höhe unter der Wasseroberfläche. Begrenzte Zweigbüschel fehlen. Die Aeste sind meist wenig dünner als die Achse, von der sie entspringen, aufrecht, bis oben hin mit chromatophorenreichen Zellen, sodass man gewöhnlich keinen haarartigen Theil unterscheiden kann. An den Querwänden sind die Zellen wenig oder gar nicht eingeschnürt, 25—32 μ dick. Die Chromatophoren zeichnen sich durch ihre Breite aus und sind dicht gelagert. Die plurilocularen Sporangien (Fig. 3) erreichen sehr oft ihre grösste Dicke in der Mitte und verjüngen sich nach oben und unten gleichmässig (spulförmig), oder ihre grösste Dicke liegt in der Nähe der Basis, sodass sie spindelförmig oder verlängert-kegelförmig werden; sitzend oder auf einzelligem, zuweilen mehrzelligem Stiel, seltener lang gestielt.

Mai bis December; an *Fucus vesiculosus*, Holzwerk und Steinen der Hafenmolen von Möltenort.

Syn. *Ceramium confervoides* Roth, Cat. Bot. Fasc. 1. p. 151—152.
Ceramium siliculosum β. atrovirens C. A. Agardh, Syst. Alg. p. 66.
Ectocarpus siliculosus Lyngb., Hydr. Dan. sid. 132. tab. 43 B.
Ectocarpus litoralis var. Aresch., Alg. scand. exs. Fasc. 2—3. No. 111.
Ectocarpus confervoides s. s. Kjellm., Bidrag p. 77 ff.
Ectocarpus confervoides f. *typica* Kjellm., Handbok p. 77.

2. forma *nana*. Bildet völlig unverworrene, 5—15 mm hohe, braungelbe Büschel in der litoralen Region. Zweige lang-peitschenförmig. Zellen an den Querwänden nicht eingeschnürt, an der Basis 18—20 μ dick. Die plurilocularen Sporangien sind 100—250 (meist 160) μ lang und ca. 35 μ dick, spindelförmig oder unregelmässig cylindrisch, auf wenigzelligem bis langem Stiel, selten sitzend.

Februar; Möltenort an *Ulva*.

3. forma *penicilliformis*. Zweige aufrecht, oft fast angeschmiegt, genähert, abwechselnd oder einseitig; Zellen meist so lang wie dick, 35—40 μ dick. Pluriloculäre Sporangien von sehr constanter Form und Grösse, 90—110 μ lang und 20—25 μ dick, spindel- bis spulförmig.

Im Spätsommer; Möltenort, an *Fucus vesiculosus*.

Bemerk. Kjellman unterscheidet in seinem Handbuch noch folgende Formen:

Ectocarpus siliculosus f. *nebulosa* Ag. Syst. Alg. s. 162. Fig. Lyngb. Hydr. dan. t. 43, C. Bildet schliesslich lose, wolkig ausgebreitete grosse Massen. Feiner, zarter und heller als die Hauptform, mit langen oberen Gabelzweigen, die wenigstens bei den Gametangien-Exemplaren der Seitenzweige fast ganz entbehren.

Ectocarpus hiemalis f. *spalatina* Kütz. *Ectocarpus spalatinus* Kütz. Phyc. gen. p. 288. Fig. Kütz. Tab. phyc. 5. t. 63. f. 2 *). Bildet lockere, mehr unverworrene und heller gefärbte Büschel als die Hauptform. Alle Gabelzweige lang, auch die oberen bei den Gametangien-Exemplaren fast ohne Seitenzweige. Gabelzweige gewöhnlich aus 1—1½ mal so langen als dicken Zellen bestehend, jede Zelle mit einem reich- und feinverzweigten Chromatophor.

Ectocarpus confervoides f. *pygmaea* Aresch. *Ectocarpus pygmaeus* Aresch. in Kjellm., Ectocarp. p. 85. Büschel locker, ganz unverworren, 3—12 mm

*) Alle als *spalatinus* bezeichneten und von mir untersuchten *Ectocarpen* erwiesen sich als zu *E. siliculosus* f. *typica* gehörig.

hoch, zuweilen polsterartig sich zusammenschliessend. Verticale Zellreihen einfach oder sparsam gabelig oder seitlich verzweigt. Gametangien etwas zugespitzt, gewöhnlich 60—75 μ lang, 25—30 μ dick, zerstreut, stets gestielt, nicht selten terminal auf den verticalen Sprossen.

E. confervoides f. *crassa* Kjellm. mscr. Büschelig, locker, stets festgewachsen. Verticales Sprosssystem wiederholt verzweigt, mit langen, etwas steifen, sparrigen, kurzzelligen Gabelzweigen. Seitenzweige spärlich oder fehlend. Gametangien kurz und dick, ca. 60 μ lang, 30—45 μ dick, kurz bis langgestielt, abstehend.

Ectocarpus dasycarpus n. sp.

Diagn.: Bildet an anderen Algen festgewachsene, meist unverworrene braune Büschel von 5—7 cm Höhe. Pluriloculäre Sporangien cylindrisch, sitzend oder auf ein- bis mehrzelligem Stiel oder langgestielt, sehr häufig terminal, nicht in ein Haar auslaufend, von sehr variabler Länge (bis 250 μ), aber sehr constanter Dicke (10—15 μ). Uniloculäre Sporangien

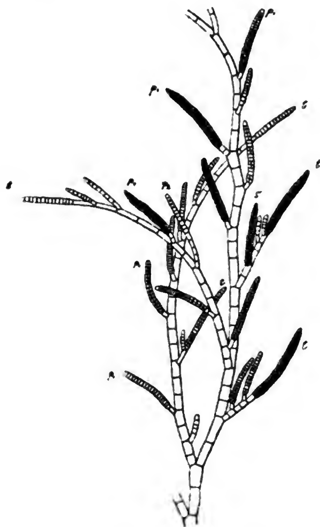


Fig. 4.
Ectocarpus dasycarpus n. sp., ein Zweig mit jungen und reifen pluriloculären Sporangien; bei *p1* Sporangien bei *s* sessil, bei *p1* kurzgestielt, bei *p2* langgestielt, bei *t* terminal. Vergr. 100 : 1.

fehlen. Verzweigung pseudodichotom, meist nur die Sporangienäste deutlich seitlich.

Die Art ist durch die Form der plurilocularen Sporangien gut charakterisirt. Dieselben sind sehr zahlreich dadurch, dass die Spitzen von Zweigen aller Ordnungen und die kurzpfriemigen Aestchen fertil werden können (Fig. 4). Sterile Zweigspitzen sind selten und laufen dann in ein Haar aus. Vegetative Zellen der Hauptachse bis 40 μ dick, mit schmalen, wohl entwickelten Chromatophoren-Bändern, cylindrisch, an den Querwänden wenig oder gar nicht eingeschnürt. Thallus in den oberen Theilen dünnfädig.

An anderen Algen festgewachsen, meist in grösserer Tiefe; im Sommer.*)

Ectocarpus penicillatus Ag.

Diagn.: Immer festgewachsen; büschelig mit mehr oder minder scharf umgrenzten Zweigbüscheln, ohne durchgehende Hauptachse. Verzweigung anfangs



Fig. 5. A, B.
Ectocarpus penicillatus Ag., zwei verschiedenen Pflanzen entnommene, Zweigbüschel mit plurilocularen *(A)* und unilocularen Sporangien; bei *s* sessile Sporangien, bei *p* Sporangien mit keilförmiger Stielzelle. bei *v* trichothallischer Vegetationspunkt über der jüngsten Sporangiumanlage *sp*, bei *g* Doppelsporangium. Vergr. 100 : 1.

seitlich, dann pseudodichotom. Uniloculäre Sporangien ellipsoidisch-zusammengedrückt, seltener eiförmig, 35—50 μ lang, 25—30 μ dick, ungestielt oder auf ein- bis wenigzelligem Stiel, angedrückt-aufrecht oder

*) Im Juli d. J. gelang es mir, aus Schwärmern, welche den plurilocularen Sporangien entstammten und nicht kopulirt hatten, eine neue Generation mit plurilocularen Sporangien zu ziehen.

abstehend. Pluriloculäre Sporangien lang-kegelförmig bis dick-pfriemig, bis 250 μ lang, an der Basis oder kurz über derselben 20—30 μ dick. Chromatophoren bandförmig, wiederholt verzweigt, breit, unregelmässig verlaufend, bis 3,5 μ breit.

Bildet bis 10 cm hohe, rostbraune, unten meist etwas verfilzte, an der Peripherie freie, mit Zweigbüschelchen bedeckte Büschel an *Scytosiphon lomentarius* und *Chordaria flagelliformis* in der Litoralregion. Die Verzweigung ist anfangs deutlich seitlich, wird aber bei den älteren Aesten durch rasches Wachsthum des Seitenastes, welcher die Hauptachse etwas zur Seite drängt, scheinbar gabelig. Zweige der letzten Ordnungen zu Zweigbüscheln vereinigt, die besonders bei den mit pluriloculären Sporangien bedeckten Pflanzen sehr dicht sind, gabelig, abwechselnd oder einseitig. Die gleichbreiten oder sich nur allmählich verdünnenden, bis 20 μ dicken Haare sind wohl entwickelt und krönen die Zweigbüschel mit einem weisslichen Filz. Vegetative Zellen bis 50 μ dick, meist an den Querwänden etwas eingeschnürt, besonders in den dickeren Theilen tonnenförmig. Beiwurzeln spärlich, 7 μ dick.

Uniloculäre und pluriloculäre Sporangien auf verschiedenen oder auf demselben Individuum, die ersteren zuerst erscheinend. Die uniloculären Sporangien sind meist regelmässig- oder etwas zusammengedrückt-ellipsoidisch. Bald sind sie sessil (bei s in Fig. 5, B), bald erheben sie sich auf einzelligem (selten zwei- bis wenigzelligem) Stiel (bei p in Fig. 5, B). Verläuft ihre Längsachse parallel zur Längsachse des Fadens, an welchem sie sitzen, so sind sie diesem fest angedrückt. Die Stielzelle kann nachträglich zum Sporangium auswachsen (bei g in Fig. 5, B) und die ursprüngliche Sporangienanlage überholen. Oder sie theilt sich nachträglich durch eine schiefe Wand und die obere Zelle verwandelt sich in ein Sporangium. Später scheinen alsdann zwei gleichwerthige Sporangien auf einem Stiele zu sitzen. Intercalare Sporangien kommen hin und wieder vor. — Die pluriloculären Sporangien haben, wenn sie an Pflanzen mit uniloculären Sporangien entstehen, zuerst eine mehr gedrungene, der uniloculären sich nähernde Form. Bald werden aber nur noch lang-kegelförmige, pfriemige oder mehr cylindrische Sporangien gebildet. Niemals tragen dieselben ein Haar. Gewöhnlich ist ein ein- bis wenigzelliger Stiel vorhanden (bei p in Fig. 5, A; bei s ein sessiles Sporangium). — Oft ist schon bei Büscheln von kaum 1 cm Höhe reichliche Fructification vorhanden.

Mai bis August, an anderen Algen festgewachsen, nie treibend; Bülk, Möltenort, Bellevue, nicht häufig.

Syn. *E. siliculosus* ε. *penicillatus* C. A. Agardh, Syst. Alg. p. 162.
E. siliculosus ε. *penicillatus* C. A. Agardh, Spec. Alg. Vol. II. p. 39.
E. confervoides f. *genuina* Kjellm. subf. β. Kjellm.
E. confervoides f. *penicillata* Kjellm., Bidrag p. 80 ff.
E. penicillatus Kjellm., Handbok p. 76 f.
Exsicc. Areschoug, Alg. scand. exs. No. 115, 174, 175.

Morphologisches.

A. Zellinhalt und Sporangien.

I. Der Formenkreis von *Ectocarpus litoralis* L. sp.

1. Zellinhalt.

Die Chromatophoren. Die Chromatophoren zeigen mit grosser Uebereinstimmung auch bei den verschiedensten Formen eine linsen- oder plattenförmige Gestalt von rundlichen Umrissen und sind in grösserer Anzahl dem Wandbeleg des Protoplasmas eingebettet. Ihre Grösse kann bei den einzelnen Formen und auch bei demselben Individuum, selbst in derselben Zelle, doch immer nur zwischen engen Grenzen variiren. In den kleineren Zellen sind sie nicht kleiner, sondern nur weniger zahlreich. Bald liegen sie locker, weite Zwischenräume zwischen sich lassend, bald so dicht, dass nur ein feines Netzwerk der Zellwand von ihnen frei bleibt. Im letzteren Falle verlieren sie ihre rundliche Gestalt und werden kantig. Chromatophoren, die sich theilen, nehmen erst elliptische Form an und werden dann bisquitförmig. Sie sind entweder an allen Stellen gleich dick, oder sie sind in der Mitte am dicksten, so dass eine planconvexe Gestalt entsteht. Zuweilen verlängern sie sich zu kurzen, etwas gewundenen Bändern; auf dieses Merkmal jedoch eine eigene Form zu gründen, erschien nicht angängig, da bei demselben Individuum sich auch zahlreiche Zellen mit normalen Chromatophoren zu finden pflegten. Mit Essigsäure behandelt schrumpfen die Chromatophoren und zeigen einen feinporösen Bau.

Pyrenoide. (Ueber die Benennung s. w. u.) In den Zellen von *E. litoralis* L. sp. finden sich stets im Zusammenhang mit den Chromatophoren Gebilde, welche sich in Essigsäure, Alkohol und Pikrinsäure nicht auflösen, von Alkalien aber zerstört werden. Mit Karminessigsäure färben sie sich nach 24 Stunden roth. Von den Pyrenoiden der bandförmigen Chromatophoren (s. u.) unterscheiden sie sich in mehrfacher Hinsicht. Sie sind meist nicht rundlich, sondern birnenförmig und sitzen den Chromatophoren (gewöhnlich in der Einzahl) vorzugsweise seitlich am Rande mit einem Spitzchen auf. Oft befindet sich an dieser Stelle eine Einkerbung oder Ausbuchtung am Chromatophor, die sich dadurch am besten erklärt, dass man annimmt, der letztere sei seit der Anlage des Pyrenoids um die Tiefe der Einkerbung am Rande gewachsen. Eine Schalenstructur konnte ich nicht nachweisen.

Sonstige im Protoplasma suspendirte Körper. Tropfenförmige und körnige Gebilde im protoplasmatischen Wandbelege und im übrigen Zellplasma machen zuweilen das Erkennen der Pyrenoide schwierig, können aber leicht durch Alkohol und Essigsäure, in denen sie sich lösen, beseitigt werden.

Zusammenballungen in der Nähe des Kernes, welche weit in die Vacuolen hineinragen und sich bei Zusatz von Eau de Javelle

unter Braunfärbung und Quellung lösen, finden sich häufig und bei Exemplaren, die längere Zeit cultivirt wurden, massenhaft.

2. Sporangien.

Die pluriloculären Sporangien sind in den Verlauf des Fadens eingesprengt, bald ebenso dick wie dieser, bald dicker und von den vegetativen Zellen scharf abgesetzt, bald cylindrisch, bald sich nach oben verjüngend; zuweilen etwas höckerig. In der Länge variiren sie sehr, selten entsprechen sie nur einer vegetativen Zelle, in der Regel einer grösseren Anzahl derselben. Oefter sind einzelne vegetative Zellen, die sogar junge Aeste anlegen können, in das Sporangium eingesprengt, so bei *E. litoralis β. firma* f. *pachycarpa*. Die Stielzellen können bis auf eine reducirt sein oder ganz verloren gehen, sodass das Sporangium sessil wird. Die oberen Zellen laufen oft in ein Haar aus und können gleich über dem Sporangium eine bedeutende Länge haben. Oft sind sie aber nur in so geringer Anzahl vorhanden, dass sie dornartig dem pluriloculären Sporangium aufsitzen, oder sie werden bis auf eine Zelle reducirt, die endlich auch in das Sporangium hineingezogen werden kann. Noch möchte ich erwähnen, dass die Stelle, an welcher bei der Reife der Austritt der Zoosporen erfolgt, sich schon vorher als Vorwölbung oder Höcker kenntlich macht. Die Entleerung geht immer an mehreren Stellen des Sporangiums vor sich.

Die uniloculären Sporangien, deren Entwicklung näher studirt wurde, liegen gewöhnlich im Verlauf des vegetativen Fadens zu Ketten vereinigt; die über und unter der Kette liegenden vegetativen Zellen verhalten sich wie beim pluriloculären Sporangium, doch finden sich sessile Ketten nur selten. Die Form des einzelnen Sporangiums ist tonnenförmig, wenn die Einschnürung an den die Sporangien trennenden Scheidewänden eine geringe, fast kugelig, wenn sie bedeutend ist. Ist seine Längsachse grösser als der Querdurchmesser, so wird das Sporangium ellipsoidisch, im umgekehrten Falle scheibenförmig. Die Zahl der in einer Kette vereinigten Sporangien ist oft bei demselben Individuum eine sehr wechselnde. Selten sind nur ein oder zwei Sporangien vorhanden, so bei *E. litoralis β. firma* f.



Fig 6. A, B.
Ectocarpus litoralis L. sp., zwei verschiedenen Sporangienketten entnommene junge uniloculäre Sporangien im optischen Durchschnitt; die Chromatophoren weisen noch keine Augenpunkte auf und sind in dem älteren Stadium *B* nach der Sporangienwand zurückgewandert. Vergr. 800 : 1.

livida; im extremen Falle zählte ich 35. Hin und wieder tritt bei Pflanzen, deren Sporangien sonst normal sind, in einem jungen Sporangium eine Längswand auf; jede der beiden so entstandenen Zellen entwickelt sich zu einem uniloculären Sporangium.

Beginnt die Pflanze uniloculäre Sporangien zu produciren, so geht mit der Veränderung des Inhaltes in manchen Fällen, besonders wenn die reifen Sporangien eine scheibenförmige Gestalt besitzen, eine sehr rasch hintereinander folgende Anlage von Querwänden vor sich, die eine Reihe von Zellen mit sehr geringer Höhe zu Stande bringt. Dieselben dehnen sich sodann durch Wachsthum und Vorwölbung der cylindrischen Aussenwand aus, sodass schliesslich das fertige Sporangium eine kurz-tonnenförmige Gestalt erhält. Gewöhnlich erfolgt aber die Anlage von Querwänden in grösseren Pausen, während welcher die Zellwand in die Länge wächst, und die Zellen sind, wenn die ersten Umlagerungen des Zellinhaltes beginnen, etwa halb so hoch als breit oder eben so hoch. Am klarsten treten die Veränderungen im Zellinhalte hervor, wenn man auf den optischen Längsschnitt einstellt. Gehen wir von der vegetativen Zelle aus, so liegen hier die Chromatophoren sämmtlich mit ihrer ganzen Fläche den Seiten und Querwänden an, sind im protoplasmatischen Wandbeleg eingebettet und tragen auf der dem Plasma zugekehrten Seite die Pyrenoide. Der Kern liegt etwas seitlich in einer dünnen Kernhülle, von der einzelne Plasmafäden nach dem Wandplasma ausstrahlen. Die erste Andeutung, dass die Zelle in ein Sporangium umgewandelt werden soll, findet sich darin, dass einzelne Chromatophoren sich von der Wand abzulösen und dem Zelllumen zuzuwenden beginnen, wobei ein von Theilung begleitetes Wachsthum derselben in die Fläche stattfindet, während ihre Dicke abnimmt. Im nächsten Stadium wird das Protoplasma körnig, vermehrt sich bedeutend und hüllt die sich theilenden Kerne ein. Durch Behandlung mit Essigkarmin gelingt es meist, dieselben sichtbar zu machen. Pyrenoide scheinen nicht mehr gebildet und die vorhandenen sogar zurückgebildet und verbraucht zu werden. In dem in Fig. 6, A abgebildeten Stadium erfüllen die Chromatophoren, die man bald im Profil, bald in der Fläche sieht, das ganze Zelllumen gleichmässig. Nunmehr beginnt eine Rückwanderung derselben nach der Zellwand, bis zuletzt eine innere von ihnen völlig freie Region übrig bleibt, die dicht mit körnigem Protoplasma gefüllt und rings von einer gleichmässig dicken, chromatophorenhaltigen Protoplasmaschicht umgeben ist (Fig. 6, B). Die zahlreichen, sich fast durchgängig senkrecht zur Sporangiumwand stellenden Chromatophoren fahren fort sich zu theilen; die Protoplasmaschicht, in der sie liegen, ist verhältnissmässig arm an körnigen und tropfenförmigen Bestandtheilen. Färbungen mit Essigkarmin ergeben stets eine intensive Rothfärbung einer an der Grenze des chromatophorenhaltigen und des chromatophorenfreien Plasmas doch noch in dem ersteren liegenden Schicht, während der innere Theil sich nur wenig färbt. Nach einer gewissen Zeit beginnt ein abermaliger Transport der Chromatophoren nach dem Zellinneren und eine Wanderung der körnigen

Plasmabestandtheile nach der Peripherie. Sobald gefärbter und ungefärbter Inhalt im ganzen Sporangium gleichmässig gemischt sind und nicht eher bemerkt man die ersten Anfänge der Augenpunkte. Dieselben vergrössern sich, die Chromatophoren werden muldenförmig, die einzelnen Schwärmsporen-Portionen platten sich gegenseitig ab und das Sporangium hat seine Reife erreicht.

Der Austritt der Schwärmsporen ist von Thuret (48.) bereits studirt worden und ich finde seine Angaben durch meine Beobachtungen durchaus bestätigt. Betonen will ich, dass die aus dem Sporangium ausgeschlüpften Schwärmsporen vor demselben durch Schleim zu einer Kugel so lange zusammengehalten werden, bis der letzte Schwärmer sich zu ihnen gesellt hat. Erst dann beginnt eine Bewegung an der Peripherie des Schwärmerhaufens, der ein plötzliches oder ruckweises Auseinanderplatzen folgt. Die Schwärmsporen besitzen stets nur einen Chromatophor. Die Austrittsöffnung liegt immer seitlich unter der oberen Querwand. Bei terminalen Sporangienketten erfolgt jedoch an dem Scheitelsporangium der Austritt stets apical und nicht seitlich. Die die Sporangien trennenden Querwände werden während der Entleerung nie resorbirt.

Wird die Entwicklung der Pflanze gestört, so gelangen die Zoosporen nicht zum Austritt, sondern umgeben sich mit einer Membran und treiben Wurzelfäden, welche das Sporangium durchbrechen, in der Regel aber einen wenig lebensfähigen Eindruck machen. In einem Falle beobachtete ich, dass die Zerklüftung des Sporangiuminhaltes eingestellt wurde, bevor die definitive Grösse der Schwärmsporen-Portionen erreicht war. Es hatten sich derbe Membranen um die mit mehreren, wohl ausgebildeten, dunkelbraunen Chromatophoren versehenen Protoplasmaballen entwickelt und die an der Peripherie liegenden Zellen begannen bereits eine Ausstülpung zu treiben.

II. Der Formenkreis von *Ectocarpus confervoides* Roth sp. (nebst verwandten Formen).

1. Zellinhalt.

Die Chromatophoren. Bei *E. siliculosus* Dillw. sp. durchziehen die Chromatophoren in zahlreichen, verzweigten, sehr unregelmässigen oder spiralig verlaufenden Bändern die Zelle, sind verhältnissmässig schmal und in den Hauptachsen meist spärlicher entwickelt. Bei *E. confervoides* Roth sp. sind sie stets kräftig entwickelte, breite und dicke Bänder von dunkel-gelbbrauner Farbe. Bald durchziehen sie fast parallel zur Längsachse stabförmig die Zelle, bald sind sie mehr unregelmässig, selten spiralig, oft in quer zur Längsachse verlaufenden Bändern angeordnet. In den Zellen der seilartig zusammengedrehten Fäden sind sie meist spärlich, in einzelne kürzere Stäbe zertheilt.

Pyrenoide. Pyrenoide nenne ich den Chromatophoren auf der dem Zelllumen zugekehrten Fläche aufgelagerte Körper von fast kugeliger bis mehr polyedrischer Gestalt, die eine deutliche

Schalenstructur aufweisen. Sie finden sich bei allen Zellen, die lange, bandförmige Chromatophoren besitzen, und sind von Schmitz (44. p. 154) als Phäophyceenstärke bezeichnet worden. Die den Kern bildende Kugel färbt sich mit Carminessigsäure rosaroth und scheint nucleinhaltiger Natur zu sein, die den Kern umschliessende Hohlkugel bleibt dagegen ungefärbt. Das Verhalten gegen Jod studirte ich bei solchen Pyrenoiden, die seitlich an den Chromatophoren hervorragen, da die Braunfärbung der letzteren leicht eine Täuschung hervorrufen kann. Der Kern zeigte eine etwas stärkere Gelbfärbung als die Schale, beide waren aber nur schwach tingirt. Die Pyrenoide lösen sich weder in Alkohol noch in Essigsäure, bleiben beim Eintrocknen erhalten und reduciren Osmiumsäure nicht. Dass sie, wie Schmitz angibt, immer unter dem Einfluss der Chromatophoren entstehen, kann ich bestätigen. Stets sitzen sie der Farbstoffplatte unmittelbar auf, wie sich herausstellt, wenn man auf den optischen Durchschnitt der Chromatophoren einstellt. Ein kurzes Spitzchen, mit welchem sie nach Berthold (7. p. 56 ff.) den Farbkörpern seitlich ansitzen sollen, vermochte ich jedoch nicht zu erkennen (siehe dagegen bei *Ectocarpus litoralis*). Nie fand ich sie, auch nicht bei ausgewachsenen Zellen, frei im Protoplasma eingebettet und muss deshalb wenigstens für *E. confervoides* Roth sp. und verwandte Formen der Schmitz'schen Ansicht, dass sie nachträglich durch die Bewegungen des Plasmas in der ganzen Zelle vertheilt werden, widersprechen. Auch darin finde ich mich in Uebereinstimmung mit Schmitz, dass die Pyrenoide nie im Innern der Chromatophoren entwickelt werden. Sie werden unter Mitwirkung derselben und der des benachbarten Plasmas an der inneren Oberfläche oder seltener am Rande der Farbstoffplatten erzeugt. Auch konnte ich feststellen, dass Plasmafäden von der Kernhülle gerade zu den Stellen des die Chromatophoren enthaltenden Wandplasmas hinziehen, an denen Pyrenoide entwickelt werden. Ueber das Verhalten der Pyrenoide bei der Zoosporenbildung siehe weiter unten.

Schmitz wählte die Bezeichnung Pyrenoide für kugelige Gebilde im Innern der Chromatophoren, die denselben eingebettet wären, wie der Nucleolus dem Kern, sah dabei also ganz ab von ihrer chemischen Beschaffenheit. Da nun aber die hier beschriebenen Körper stets unmittelbar an den Chromatophoren entstehen und ganz ähnliche Reactionen wie die Pyrenoide zeigen, so halte ich die Bezeichnung „Phäophyceenstärke“ für entbehrlich. (Vergl. hierzu auch Schmitz (45.) p. 129 ff.)

Sonstige im Protoplasma suspendirte Körper. Leicht mit den Pyrenoiden zu verwechseln sind tropfenförmige, im Protoplasma unregelmässig zerstreute Körper, besonders wenn sie sich den Chromatophoren anlegen. Dieselben lösen sich sofort in Essigsäure und 96% Alkohol auf. Oft umgeben sie, besonders bei nicht mehr völlig frischem Material, den Kern in grossen Ballen, welcher durch Behandlung mit Essigsäurecarmin dann leicht sichtbar gemacht werden kann. Sie färben sich bei Zusatz von Eau de Javelle unter Quellung rothbraun und zerfliessen darauf unter Ent-

färbung. — Die im Wandbelag des Protoplasmas liegenden kleinen hellglänzenden Tropfen lassen nach der Auflösung durch Essigsäure kleine concentrische Ringe auf der Zellmembran zurück. Anwendung von Jod in Jodkalium und alle anderen Stärkereactionen ergaben stets negative Resultate.

Während der Beobachtung sah ich öfters Veränderungen in der Lage der Plasmafäden, Verschiebungen längs der Aussenwand u. s. w.

2. Sporangien.

Die von Thuret (48.) vorgeschlagene und von Kjellman (23. p. 42) angenommene Bezeichnung der beiden Sporangienformen muss auch jetzt noch als die dem gegenwärtigen Standpunkte unserer Kenntnisse angemessenste betrachtet werden, da sie sich an rein morphologische Merkmale hält und von der Natur und Bedeutung der Zoosporen ganz absieht. Ich nenne daher nach wie vor die aus einer Zelle bestehenden Sporangien uniloculäre Sporangien (sporangia unilocularia, einfächerige Sporangien) und die aus Zellstockwerken bestehenden pluriloculäre Sporangien (sporangia plurilocularia, mehr- oder vielfächerige Sporangien). Eine Eintheilung in Sporangien und Gametangien, wie sie Kjellman in seinem Handbok i Skandinaviens Hafsalgflora I vornimmt, erscheint nicht räthlich, da sie die nur für zwei Species (*Ectocarpus siliculosus* und *Scytosiphon*) bisher unzweifelhaft nachgewiesene geschlechtliche Natur (s. Berthold 6.) für alle in pluriloculären Sporangien entwickelten Zoosporen anticipirt. (Vergl. auch Falkenberg 12. p. 220). Ich selbst habe, wie ich gleich hier vorweg nehmen will, nie eine Copulation von Zoosporen oder auch nur eine Andeutung zu derselben gefunden, trotzdem Zoosporen aus pluriloculären Sporangien (die hauptsächlich in Betracht kommen) und uniloculären Sporangien zahlreicher Individuen der verschiedensten Formen und Arten zu den verschiedensten Jahres- und Tageszeiten zu meiner Beobachtung gelangten.

Was das Auftreten der beiden Sporangienarten betrifft, so fand ich bei den beobachteten Pflanzen, für welche als Standort nur der Kieler Hafen und seine Mündung in die Kieler Bucht in Betracht kommt, pluriloculäre Sporangien ungleich häufiger als uniloculäre. Bei *E. confervoides* Roth sp. und seinen verschiedenen Formen fand ich zu allen Jahreszeiten überhaupt nur die erste Sporangienart. Bei *E. siliculosus* Dillw. sp. fand ich einfächerige Sporangien nur sehr vereinzelt; dagegen waren sie bei *E. penicillatus* Ag. reichlich entwickelt. Bei dieser letzteren Art gibt es Individuen (im Sommer), welche nur einfächerige Sporangien erzeugen, dann solche, bei denen vereinzelt pluriloculäre auftreten, die zuweilen noch als uniloculäre Sporangien angelegt werden, ferner solche, bei denen uniloculäre und pluriloculäre gleich zahlreich sind oder die letzteren schon überwiegen, und endlich Individuen, bei denen sich nur noch pluriloculäre Sporangien finden (im Spätsommer und Herbst). Ob freilich diese Entwicklung an ein und demselben Individuum völlig durchlaufen werden kann,

vermag ich nicht zu sagen. Es ist mir wahrscheinlich, dass die aus zu verschiedenen Zeiten entlassenen Sporen nach und nach heranwachsenden Pflänzchen im Sommer uniloculäre, später pluriloculäre Sporangien erzeugen. Ein Wechsel von Generationen mit uniloculären und solchen mit pluriloculären Sporangien ist hierbei möglich, aber nicht nothwendig. Darauf bezügliche Culturversuche misslangen leider, wie denn überhaupt *Ectocarpus*-Arten in der Cultur sich als äusserst empfindlich erweisen.

Die pluriloculären Sporangien stehen zumeist terminal, d. h. ganz allgemein, es folgen an ihrer Spitze keine vegetativen Zellen mehr. Sporangien, deren Stiel Zweige entsendet, nenne ich terminal im engeren Sinne und unterscheide alle übrigen als langgestielte, als kurzgestielte (eine bis wenig Stielzellen) und als sitzende Sporangien. Alle Uebergänge finden sich z. B. sehr häufig bei *E. dasycarpus* n. sp. (vergl. Fig. 4 nebst Erklärung).

Intercalare Sporangien, die an ihrem Scheitel eine mehr oder weniger lange Reihe vegetativer Zellen tragen, finden sich besonders häufig bei *E. siliculosus* Dillw. sp. (Fig. 1, A) und überbrücken den Uebergang zu dem Formenkreis von *E. litoralis* L. sp.

Entwicklung der pluriloculären Sporangien (vergl. Kjellman (23.) p. 43 ff.). Bei *E. confervoides* Roth sp. treibt eine Thalluszelle unter der oberen Querwand eine Ausstülpung, die sich durch eine etwas schief gestellte Wand von der Mutterzelle abgliedert und sich in diesem Stadium von einer jungen Zweiganlage noch nicht unterscheidet. Die Aussprossung wächst in die Dicke und besonders in die Länge und theilt sich durch eine Querwand. Mit den nächsten Quertheilungen beginnt eine Differenzirung des Zellinhaltes. In den oberen Zellen, in welchen nunmehr die Theilungen lebhafter aufeinander folgen, findet eine Vermehrung des Protoplasmas statt, während die Chromatophoren in einzelne Stücke zerfallen. Pyrenoide, die in den unteren, zu Stielzellen werdenden Zellen noch gebildet werden, werden hier nicht mehr entwickelt oder bleiben doch sehr klein, um bei der weiteren Ausbildung des Sporangiums wahrscheinlich wieder aufgelöst zu werden. Bald treten die ersten Längswände auf und mit der Anlage der einzelnen Wände geht gleichzeitig eine Theilung der Kerne vor sich, wobei derselbe einen immer grösseren Theil des Zell- oder Fachlumens einnimmt. Die Chromatophoren verlassen zum Theil ihre wandständige Lage und rücken in das Zelllumen hinein. Die Augenpunkte sind bei weit vorgeschrittener, aber noch nicht beendeter Fächerung als winzig kleine, rothe, glänzende Punkte in der Fläche oder am Rande der Farbstoffplatten zu erkennen.

Bei *E. penicillatus* Ag., bei dem zuerst uniloculäre Sporangien und späterhin an derselben Pflanze pluriloculäre auftreten, ist die Entwicklung der letzteren etwas anders. Die Pflanze zeigt auch während der Sporangienbildung noch lebhaftes Wachsthum und im Zusammenhange damit an den Aesten aller, besonders höherer Ordnungen kurze, dünne Adventivästchen, die ein ziemlich ausgesprochenes trichothallisches Wachsthum haben. Die oberen Zellen

verlängern sich demgemäss und zu einer bestimmten Zeit liegt der am lebhaftesten wachsende Theil in der Mitte des jungen Astes. Ist derselbe ausgewachsen, so läuft er in ein langes, gleich breites, oben absterbendes Haar aus, das nicht viel dünner ist als die unteren chromatophorenreichen Zellen. Zur Zeit nun, wo die pluriloculären Sporangien erscheinen, unterbleibt die Verlängerung der oberen Zellen, es treten in den oberen zwei Dritteln der bis dahin noch als vegetativ zu bezeichnenden Anlage bis dicht unter die Spitze rasche Theilungen, die von einer Vermehrung des Zellinhaltes, vorzüglich der nicht gefärbten Bestandtheile begleitet sind, ein, ohne dass eine Verdickung dieses Fadentheiles zu bemerken wäre. Dieselbe stellt sich erst mit dem weiteren Vorschreiten der jungen Anlage ein, welche sich von den unteren zu Stielzellen werdenden Zellen nach der Anlage einer Reihe von Längswänden abhebt.

Ich gehe nun zu der Sporangienentwicklung bei *E. siliculosus* Dillw. sp. über, dessen pluriloculäre Sporangien in sehr vielen Fällen Haare tragen. Zu einer Zeit, wo die Pflanze noch lebhaft wächst, findet man dünnere, an Zweigen verschiedener Ordnung stehende, in ein kürzeres oder längeres Haar auslaufende Aeste, welche undeutlich trichothallisch wachsen. Allmählich verschiebt und concentrirt sich die Region lebhaften Wachsthums in dem unteren Theile (Fig. 1, A, bei *a*) und es entsteht eine längere Reihe scheibenförmiger Zellen, in denen alsbald Längswände auftreten. Im ausgebildeten Zustande ist das Sporangium unten meist am dicksten, verjüngt sich nach oben gleichmässig und der oberste Theil erscheint dann von den sterilen Zellen abgesetzt oder ist eben so dick wie diese. In anderen weniger häufigen Fällen ist das Sporangium gleichmässig dick. Es kann auch, wenn die lebhaften Theilungen beginnen, eine in der Wachsthumsregion liegende Zelle ihr Wachsthum einstellen, so dass das reife Sporangium durch eine vegetative Zelle in zwei Theile zersprengt wird. Endlich kann sich die Theilungsfähigkeit auf eine Zelle im vegetativen Ast beschränken, so dass ein intercalares, ovales oder fast kugeliges pluriloculäres Sporangium entsteht.

Die uniloculären Sporangien treten bei *E. penicillatus* Ag. in den Zweigbüscheln auf, sind meist von sehr regelmässiger ellipsoidischer Gestalt, oft auch mehr eirund, sitzend oder kurz gestielt, aufrecht und dem vegetativen Faden zuweilen sehr fest angeschmiegt oder abstehend. — Bei *E. siliculosus* Dillw. sp. sind die Sporangien ebenfalls meist sitzend oder kurz gestielt, ellipsoidisch breitgedrückt oder eiförmig und stehen vorzüglich an den Zweigen höherer Ordnung.

Entwicklung der uniloculären Sporangien. Dieselbe ist, von dem Zellinhalte abgesehen, eine sehr einfache. Die vegetative Gliederzelle treibt unter der oberen Querwand vorbei eine Ausstülpung, die sich durch eine in der Fläche der Mutterzellenmembran liegende oder zu ihr etwas schief gestellte Wand zu einer selbständigen Zelle abgliedert, sich durch dichten Inhalt auszeichnet und die Chromatophoren während der

Weiterentwicklung entwickelt und vermehrt. In anderen Fällen theilt sich die Ausstülpung, sobald sie sich von der Mutterzelle abgegliedert hat, durch eine Querwand, sodass eine obere hemisphärische Zelle, die zum Sporangium wird, und eine untere oft scharf keilförmige Zelle, die zur Stielzelle wird, entsteht. In dem jungen Sporangium findet dann eine successive Theilung der Zellkerne statt, die aber nicht so weit wie bei den entsprechenden Sporangien von *E. litoralis* zu schreiten pflegt, wie denn auch das fertige Sporangium weniger Zoosporen enthält als dort. Treten keine Zerklüftungen der Zoosporenportionen mehr ein, so platten sich dieselben polygonal ab. Die Wanderung der Chromatophoren nach dem Lumen des Sporangiums findet erst statt, wenn das Sporangium schon eine beträchtliche Grösse erreicht hat, viel später als bei *E. litoralis*. Eine mehrfache Umlagerung derselben, wie sie dort stattfindet, habe ich hier nicht beobachtet. Bei Zusatz von Eau de Javelle wird der ganze Inhalt innerhalb der Sporangienmembran zerstört; feste Septa, die gleichzeitig mit dem Austritt der Sporen gelöst werden, wie bei den vermeintlichen uniloculären Sporangien von *Stictyosiphon tortilis* (40. Taf. 32. Fig. 9—11) werden also nicht gebildet.

Im Wesentlichen stimmen mithin meine Beobachtungen mit denen Kjellman's überein. Jedoch habe ich nie mit den gewöhnlichen Hilfsmitteln Stärke in den Sporangien nachweisen können. Eine Täuschung, die durch die bei Jodzusatz sich blaugrün färbenden Augenpunkte hervorgerufen werden könnte, kann kaum vorliegen, da der genannte Forscher dieselbe auch in den ganz jungen Sporangienanlagen fand, die sich so „von vegetativen Zweiganlagen ganz wesentlich unterschieden“ (23. p. 42).

Uebergänge vom uniloculären zum pluriloculären Sporangium. Es finden sich gewisse Sporangiumbildungen, die man am besten als Uebergangsformen von uniloculären zu pluriloculären Sporangien auffasst. Ich fand sie hauptsächlich bei *E. penicillatus* Ag., und zwar zu der Zeit, wo die mit uniloculären Sporangien bedeckte Pflanze pluriloculäre Sporangien zu bilden anfängt. In einem Falle war ein Sporangium mit vollkommener Fächerung unzweifelhaft als uniloculäres angelegt worden; die beiden Stielzellen waren, wie es für jene Sporangiumart charakteristisch ist, keilförmig und schmiegten sich ebenso wie das gedrungene kegelförmige Sporangium selbst den vegetativen Gliederzellen des Fadens an. Eine weitere Neigung uniloculärer Sporangien, die pluriloculäre Fächerung wenigstens anzustreben, sehe ich darin, dass auf einem Stiel bis fünf Sporangien gebildet wurden, die man als eine Vereinigung uniloculärer Sporangien, aber auch als ein einziges pluriloculäres Sporangium ansehen kann, bei welchem eine weitergehende Fächerung unterblieben ist.

Entleerung der Sporangien. Hat das pluriloculäre Sporangium seine volle Reife erreicht, so liegt jede Zoospore in einer von sehr dünnen, aber deutlich erkennbaren Zellwänden umschlossenen Mutterzelle, und die Chromatophoren, welche Anfangs eine mehr hellgelbe Farbe zeigten, sind nun ebenso intensiv gefärbt,

wie in den vegetativen Zellen. Auf Thuret's (48.) Ansicht, dass die Sporangien aus einer einzigen Zellreihe bestehen, und dass in jeder scheibenförmigen Zelle der Inhalt sich in zahlreiche neben einander liegende Zoosporen ohne Bildung von Längswänden zerklüftet, geht Kjellmann, dieselbe widerlegend, näher ein und ich kann deshalb auf eine ausführliche Bestätigung der Kjellman'schen Beobachtungen verzichten. Im normalen Falle öffnet sich das Sporangium an der Spitze (bei *b* in Fig. 3) und es erscheint natürlich, als Ursache einen Druck der Stielzellen auf die unterste Sporangiumschicht, der sich auf die höher liegenden Schichten fortpflanzt, anzunehmen. Dass die Stielzellen in der That das Bestreben haben, sich auszudehnen und zu wachsen, zeigt die sehr oft bald nach der Entleerung beginnende Anlage eines Ersatzsporangiums in der leeren Sporangiumhülse (*a* in Fig. 3). Es ist auch wahrscheinlich, dass die reifen Sporen ihre zartwandigen Fächer und das ganze Sporangium so prall füllen, dass die Auflösung der Zellwand an einer dazu prädestinirten, weicheren Stelle, hier der Spitze, eintreten kann. Mit dem Austritt der ersten Schwärmer werden die dünneren Zellwände zumeist vollständig gelöst, sodass nur die durchgehenden Querwände erhalten bleiben. Dass nicht nur die Randstellen derselben, mit denen sie sich an die Aussenmembran ansetzen, persistiren, sondern dass nur in der Mitte eine Lösung der Membran eintritt, lässt sich bei zweckmässiger Einstellung mittelst der Mikrometerschraube unschwer erkennen. Damit in Zusammenhang steht es nun auch, dass die Schwärmsporen in einem Zuge geordnet das Sporangium verlassen. Schon in diesem kann man bei den losgelösten Sporen deutlich ein farbloses zugespitztes und ein gefärbtes abgerundetes Ende unterscheiden; welches von beiden der Austrittsöffnung zugekehrt ist, unterliegt keinem Gesetze und hängt offenbar von der Lage des Schwärmers im Sporangiumfache ab. Bemerkenswerth ist, dass wenigstens die längere Geissel (oft beide) sich von dem Sporenleibe, schon bevor derselbe die Oeffnung erreicht hat, ablöst, in welcher Weise, kam bei der Feinheit des Objectes nicht zur näheren Beobachtung. Dieselbe schleppte entweder träge nach oder war nach vorn gerichtet und machte bereits schlängelnde Bewegung.

Es kann nun auch, nicht nur bei Sporangien, die in sterile Zellen auslaufen, vorkommen, dass an der Seite eine oder mehrere (bis drei) Oeffnungen entstehen (bei *b* in Fig. 1, B). Dabei tritt zuweilen eine Knickung des Sporangiums an den Oeffnungsstellen ein, durch welche dieselben vergrössert werden. In der Regel sind die Austrittsöffnungen enger als der grösste Querdurchmesser der Spore, welche sich beim Herausschlüpfen einschnürt, einen Moment eingezwängt ist und dann mit einem Ruck herausgepresst wird. Vor der Oeffnung macht der Schwärmer eine pendelnde Bewegung, um die Cilien zu völlig freiem Gebrauche zu entwickeln, sodann erfolgt ein Zittern oder Schütteln und derselbe eilt davon.

Bei alten Sporangiumhülsen werden auch die durchgehenden Querwände gelöst, sodass man dann von einer früheren Fächerung keine Spur mehr erkennen kann (*a* in Fig. 3). Andererseits kommt

es zuweilen vor, dass die Längswände wenigstens als Leisten erhalten bleiben, sodass bei völlig entleertem Sporangium die Fächerung noch vollständig in ihren Resten bewahrt ist. (Vergl. zu diesem Abschnitt auch Pringsheim 38. p. 196 f., Tab. XI, Fig. 11—16, sowie besonders Berthold 6. und Goebel 18.)

Beim Austritt der Zoosporen werden nicht selten Plasmaklümpchen, kleine Körnchen und Tröpfchen ausgestossen, die bei der Schwärmsporenbildung unbenutzt geblieben sind.

Der Austritt der Zoosporen erfolgt zu jeder Tageszeit, am reichlichsten in den Morgen- und Vormittagsstunden.

Entleerung der uniloculären Sporangien. Den Vorgang der Entleerung selbst habe ich in dieser Gruppe zu beobachten nicht Gelegenheit gehabt. Sie erfolgt stets am Scheitel, die leere Sporangiummembran collabirt (bei *b* in Fig. 2) und wird an den oft zerfetzten Randpartien zum Theil aufgelöst. Bei *E. penicillatus* Ag. hatte es bei mit Schwefelpikrinsäure fixirtem Material den Anschein, dass die inneren Schichten der ganzen Membran stark gequollen waren und so einen Druck auf den Inhalt ausübten. Sicher ist, dass bei lebenden uniloculären Sporangien der genannten und auch anderer Arten die Sporangiummembran am Scheitel bedeutendere Dicke und eine feine Schichtung zeigt.

Die in pluriloculären und uniloculären Sporangien gebildeten Zoosporen. Die Schwärmer der Phäosporeen sind, wie bekannt, von sehr übereinstimmendem Bau und auch die hier in Betracht kommenden Zoosporen zeigen keinerlei Abweichung von dem Grundtypus. Sie sind in der Regel von birnförmiger Gestalt; das vordere zugespitzte Ende ist farblos, das hintere abgerundete enthält einen Chromatophor mit deutlichen, meist rundlichen Umrissen. Der rothbraun gefärbte sogenannte Augenpunkt zeigt oft einen kreisförmigen Umriss, ist im optischen Durchschnitt concav-convex und stets der Aussenseite des Chromatophors, mit der convexen Seite nach oben gekehrt, aufgelagert, nie isolirt. Auch entspringen die beiden Cilien immer am Augenpunkt, ein Umstand, der auf einen Zusammenhang in den Functionen dieser Organe hindeutet. In dem nackten Protoplasmakörper sind meist eine grössere Anzahl kleiner und einige grössere tropfenartige Körper, letztere meist in der Nähe oder unter dem Chromatophor eingelagert. Pyrenoide fehlen der Zoospore.

Was den äusseren Umriss der Schwärmer anbetrifft, so kommen bedeutende Abweichungen in der birnenförmigen Gestalt vor. Die in der Regel etwas abgerundete Spitze kann sich so weit abflachen, dass der Schwärmer eiförmig wird. Oder er kann auch ellipsoidisch oder flaschenförmig sein.

Die Schwärmer aus uniloculären Sporangien von *E. penicillatus* Ag. haben eine bedeutende Grösse und zeigen nicht selten einen zerschlitzten Chromatophor. Hin und wieder fand ich hier und bei anderen Arten auch zwei Chromatophoren, von denen zuweilen jeder seinen eigenen Augenpunkt hatte; oder ein Chromatophor besass zwei Augenpunkte. Doch hat man es dann, worauf schon Berthold (6.) aufmerksam machte, immer nur mit nicht normal

ausgebildeten Schwärmern und nicht mit Copulationsproducten zu thun. Der Grössenunterschied von Schwärmern ein und dieselbe Sporangiumart tragender Pflanzen ist oft ein sehr beträchtlicher (bis zum Doppelten des Volumens).

Die Bewegung der Zoosporen ist eine sehr verschiedenartige. Immer sammelten sich dieselben an der Lichtseite des hängenden Tropfens und schwammen derselben in unregelmässig wellenartigen Bewegungen oder auch in gerader Linie zu. Am Rande des Tropfens angelangt fanden sie entweder nach wenigen Minuten eine geeignete Stelle zum Ansetzen oder sie irrten, sich um ihre eigene Achse drehend und in taumelnder Bewegung, eine Zeit lang (bis eine Stunde) umher.

In keinem Falle konnte ich eine Copulation von Schwärmsporen constatiren, wobei ich hauptsächlich auf die in plurilocularen Sporangien producirten mein Augenmerk richtete. Es kommt öfters vor, dass zwei schwärmende Sporen besonders bei massenhaftem Austritt sich mit ihren Cilien verwirren und dann eine Zeit lang zusammenschwärmen, aber ich fand immer, dass sie sich entweder wieder trennen oder auch gleichzeitig zur Ruhe kommen, ohne zu verschmelzen. Häufig bleibt auch eine noch schwärmende Zoospore an einer bereits zur Ruhe gekommenen hängen und schmiegt sich derselben beim Festsetzen dicht an.

Festsetzen und Keimen der Zoosporen. In einem Falle, bei Schwärmern aus uniloculären Sporangien von *E. penicillatus* Ag., stimmte die Art des Festsetzens völlig mit der Beschreibung überein, welche Berthold für die pluriloculären Sporangien von *E. siliculosus* Dillw. sp. entstammenden Schwärmern des Golfes von Neapel gegeben hat. Der Schwärmer zwängt sich in den keilförmigen Rand des hängenden Wassertropfens ein und macht, selbst hin und her pendelnd, mit der vorderen langen Cilie unruhig schlängelnde und schlagende, mit der hinteren kurzen und mehr starren schlagende Bewegungen. Dann zeigt plötzlich die vordere Cilie eine gleichmässige, wellenförmige Bewegung nach Art eines an beiden Enden festgehaltenen und abwechselnd gezogenen Taues: Die Cilie hat sich an der Spitze mit einer saugscheibenartigen Verdickung festgesetzt. Fast in demselben Momente verschmilzt sie vom Augenpunkte bis zur Spitze mit dem Protoplasmakörper und zugleich legt sich auch die hintere Cilie der ganzen Länge nach an das gefärbte hintere Ende an und verschmilzt mit demselben. Nunmehr macht die Zoospore, die sich während dieser Vorgänge ruhig verhalten hat, verschiedene Formveränderungen nach Art einer Amöbe durch und fliesst auf dem freien Ende der vorderen Cilie bis an den Befestigungspunkt heran, rundet sich endlich ab und umgibt sich innerhalb der nächsten 24 Stunden mit einer zarten, kaum als Doppelcontur zu erkennenden Membran. Während der amöboiden Bewegung findet eine Verschiebung der im Plasma eingebetteten Körper statt, die besonders deutlich an den körnigen Bestandtheilen verfolgt werden kann.

In sehr zahlreichen Fällen beobachtete ich das Festsetzen von pluriloculären Schwärmern, wie ich sie kurz bezeichnen will, ohne

dass ich über das Verhalten der hinteren Geissel in's Klare kommen konnte. Es tritt nicht immer ein Verschmelzen des unteren Theiles der vorderen Geissel mit dem Zoosporenkörper ein. Zuweilen war, wenn die Schwärmspore längst zur Ruhe gekommen war, diese Geissel noch in ihrer ganzen Länge vorhanden und starb allmählich ab, ohne dem Protoplasma einverleibt zu werden.

Erfolgt reichlicher Austritt der Zoosporen, so platten sich dieselben, wenn sie sich am Tropfenrande zusammendrängen, gegenseitig ab; steht ihnen ein grösserer Raum zur Verfügung, so sammeln sie sich besonders bei büschelig wachsenden Ectocarpen in oft kreisrunden Flecken an, die mehrschichtig sein können. Aber auch dann tritt keine Verschmelzung der Zoosporen ein.

Die Keimung von unilocularen Zoosporen habe ich nie zu beobachten Gelegenheit gehabt.

Nach 24 bis 48 Stunden hatten sich die Zoosporen mit einer Membran umgeben; der Augenpunkt war gewöhnlich noch deutlich zu erkennen, aber meist in der Rückbildung begriffen. Die Spore wird erst eiförmig, dann keulenförmig, die Ausstülpung wächst zum Schlauch heran und gliedert sich durch eine Querwand ab, während sich die Chromatophoren gleichzeitig strecken und theilen. Noch bei solchen zweizelligen Stadien kann der Augenpunkt erhalten sein. Die durch eine Zellwand abgetheilte Aussprossung theilt sich alsbald und wächst allmählich zu einem Wurzelfaden mit ausgebuchteten Wänden heran, während das andere, der Schwärmspore entsprechende Ende eine Zeit lang ungetheilt bleibt, aber den Chromatophoreninhalt reich entwickelt. Erst wenn durch einen mehrzelligen Wurzelfaden die Befestigung am Substrat (hier dem Objectträger) hergestellt ist, beginnt auch das andere Ende zu wachsen, sich durch eine Querwand abzuschnüren und zum verticalen Spross auszuwachsen. (S. unter Wachsthum).

Nach ca. drei Wochen waren aus Haufen von plurilocularen Schwärmern ca. 2 mm hohe Büschel entwickelt worden, deren kräftige Ausbildung keinen Zweifel darüber liess, dass wir es mit völlig entwicklungsfähigen Zoosporen zu thun haben.

Danach komme ich zu dem Schluss, dass alle plurilocularen Sporangien, die zu meiner Beobachtung gelangten, Organe der ungeschlechtlichen Fortpflanzung sind. Das Vorkommen von Geschlechtspflanzen auch hier in der Kieler Bucht wäre damit noch nicht ausgeschlossen, aber es kommt hinzu, dass die Angaben so zuverlässiger Autoren wie Thuret den ungeschlechtlichen Charakter von vornherein wahrscheinlich machten. Leider gibt Berthold nicht an, ob die von ihm bei Neapel beobachteten Geschlechtspflanzen sich schon äusserlich, etwa durch die Grösse oder die Verzweigung von in anderen Meerestheilen gefundenen Exemplaren des *E. siliculosus* Dillw. sp. unterschieden.

B. Wachsthum und Verzweigung.

I. Der Formenkreis von *Ectocarpus confervoides* Roth sp. (nebst verwandten Formen).

Die Entwicklung war bis zur Anlage des verticalen Sprosses an dem jungen Keimling von *E. confervoides* Roth sp. verfolgt worden. Zählt der Verticalspross etwa 3—5 gleich grosse Zellen, so beginnt die oberste oder die oberen Zellen sich in die Länge zu strecken und im Verhältniss zum unteren Theil sich zu verdünnen. Das Volumen der Zellen wird dadurch grösser, in der Entwicklung der Chromatophoren tritt jedoch ein Stillstand ein. In diesem „haarartigen“ Theile treten intercalare Theilungen nur in längeren Pausen ein und seine Verlängerung geschieht hauptsächlich durch Dehnung der Zellwand und ausserdem durch Zellenzuwachs an der Basis. Im unteren, dickeren und chromatophorenführenden Theile des Sprosses werden dagegen ganz normal in jeder Zelle neue Querwände gebildet und zugleich verbreitert sich der Durchmesser der Zellen, so dass die Dicke der ursprünglichen Spore, welche Anfangs noch als Ausbuchtung zu erkennen war, bald erreicht wird. Das Wachsthum ist also ein gleichmässig intercalares und es findet keine Bevorzugung irgend einer Region statt. Unterdessen hat auch der horizontale, dem Substrate angeschmiegte Wurzelfaden einen Zuwachs erfahren und sich zu verzweigen begonnen. An dem verticalen Spross werden, und zwar in akropetaler Folge Seitensprosse erst angelegt, wenn derselbe eine beträchtliche Höhe erreicht hat.

Janczewsky gibt (22. p. 8 ff.) für *Ectocarpus simpliciusculus* an, dass ein deutlich localisirter, aus ca. 10 Zellen bestehender Vegetationspunkt vorhanden sei, der nach oben Haarzellen, nach unten chromatophorenhaltige Thalluszellen bildet. Er nennt diesen Wachsthumsmodus trichothallisch und constatirt denselben auch für *E. simplex, firmus, Hincksiae, siliculosus, secundus* u. s. w., „obgleich bei diesen Arten spätere Theilungen in den Thalluszellen die charakteristische Erscheinung des Vegetationspunktes verdeckten“. Nach meinen Beobachtungen treten aber intercalare Theilungen im ganzen Verlaufe des Thallus von *E. siliculosus, confervoides* und *dasycarpus* so häufig auf, dass es mir richtiger erscheint, das Wachsthum dieser Pflanzen als vorwiegend intercalar und nur sehr undeutlich trichothallisch zu bezeichnen. Nur die Theilungsfähigkeit derjenigen Zellen, welche Seitenzweige entsenden, ist eine beschränkte und oft mit diesem Acte bereits erschöpft. Bei *E. penicillatus*, derjenigen Art, bei der die Haare am besten entwickelt sind, hält sich intercalares und trichothallisches Wachsthum ungefähr das Gleichgewicht und man zählt nicht selten über der jüngsten Ast- oder Sporangienanlage acht junge Zellenlagen (bei *v* in Fig. 5 B).

Typische Phäosporeenhaare mit scharf localisirtem, basalem Wachsthum und farblosen Zellen habe ich bei diesen Algen nie gefunden.

Die Verzweigung ist in der Regel zerstreut, nie opponirt. Die Zweige stehen besonders in den oberen Theilen des Thallus

oft einseitig gereiht oder regelmässig alternirend und liegen in verschiedenen Ebenen, doch so, dass immer eine Ebene von einer Reihe auf einander folgender Zweige bevorzugt wird. Dadurch, dass ein Seitenzweig zur Dicke des Hauptfadens heranwächst und diesen zur Seite biegt, entsteht oft eine Gabelung, für die ich nach Kjellman's Vorschlag die Bezeichnung Pseudodichotomie (im erweiterten Sinne) acceptirt habe. Adventiväste sind sehr häufig, besonders an den stark wachsenden Regionen des Thallus.

II. Der Formenkreis von *Ectocarpus litoralis* L. sp.

Die Entwicklung des Keimlings und das Wachsthum des Thallus verläuft in derselben Weise, wie bei *E. confervoides*. Vorzugsweise sind es die mittleren Zellen des Internodiums (des zwischen zwei Wirteln liegenden Thallusabschnittes), welche eine Reihe von intercalaren Theilungen einzugehen befähigt sind. Das trichothallische Wachsthum ist schwach entwickelt. Die Verzweigung ist entweder zerstreut oder nicht selten sehr regelmässig opponirt. Doch erfolgt die Anlage der opponirten Zweige in den allermeisten Fällen nicht genau zu derselben Zeit. Nicht selten sind zwei zweigliederige Wirtel benachbarten Zellen inserirt und liegen dann in derselben Ebene oder der eine Wirtel erscheint um 90° gedreht. Die Wände, welche die jungen Zweiganlagen von der Mutterzelle abgliedern, stehen stets schief zur Längsachse der letzteren und können sich im extremen Falle berühren. Das Wachsthum ist auch während der Sporangien-Entwicklung noch sehr lebhaft intercalar, in den Internodien und über und unter den Sporangienketten am intensivsten. Selbst nach der Entleerung können die über den Sporangien liegenden vegetativen Zellen, z. B. bei *E. litoralis α. oppositus*, zu Haaren auswachsen. Oder es bildet sich unter dem Sporangium ein Vegetationspunkt, der dasselbe in die Höhe schiebt.

In einzelnen Fällen beobachtete ich, dass die leeren Sporangienketten abgeworfen wurden, und es erscheint mir nicht ausgeschlossen, dass der Thallus sich vegetativ üppig weiter entwickelt und zum zweiten Male, wenn auch spärlicher, fructificirt.

Schlussbemerkung. Die Untersuchung des Herbariematerials stösst bei der Zartheit der in Frage stehenden Pflanzen, deren Untersuchung mich in ausgedehnterer Weise auch ferner beschäftigen wird, nicht selten auf grosse Schwierigkeiten. Die besten Resultate erzielte ich, wenn ich bei der Präparation der trocknen *Ectocarpus*-Fäden Eau de Javelle benutzte, nach dem Beispiele des Herrn Prof. Reinke, der diese Untersuchungsmethode schon für die *Sphacelariaceen* in Anwendung brachte. Man befeuchtet den (nicht zu grossen!) Teil des Büschels, welchen man nach sorgfältiger Durchmusterung mit der Lupe für den geeignetsten hält, vermittelst eines feinen und staubfreien Pinsels mit destillirtem Wasser, trennt ihn nach einigen Minuten, möglichst ohne das Papier zu verletzen, durch einen scharfen Schnitt mit dem Scalpell ab und hebt mit dem Messer das Schnittende etwas empor. Sodann fasst man letzteres mit einer spitzen und sicher greifenden Pincette und zieht das Zweig-Büschelchen vorsichtig von dem Papier ab, um es zunächst in einen Wassertropfen, den man in dünner Schicht auf dem Objectträger ausbreitet, zu bringen. Man erhält so fast stets Proben, welche von störenden

Papierfasern völlig frei sind und im Wassertropfen rasch die natürliche Lage wieder annehmen, die sie beim Auflegen des frischen Materials einnahmen. Nunmehr setzt man 1—2 Tropfen Eau de Javelle zu, wie es in allen Apotheken käuflich ist. Schon nach wenigen Minuten sind die Faltungen und Quetschungen der Membran beseitigt; zum Ueberfluss kann man diesen Vorgang auch in kurzen Pausen bei schwächster Vergrösserung unter dem Mikroskop kontrolliren. Sodann überträgt man das Büschelchen in reines Wasser, schwenkt es vorsichtig hin und her, um die anhaftenden Gasblasen zu vertreiben, und lässt es einige Minuten darin liegen, bis man überzeugt sein kann, dass alle adhärirende Eau de Javelle-Flüssigkeit abgespült ist. Endlich führt man die so behandelte Probe auf den definitiven Objectträger in einen gut ausgebreiteten Tropfen verdünnten Anilinglycerins über, dessen, übrigens für verschiedene Zwecke verschiedenen Färbungsgrad man bald durch die Erfahrung bestimmen lernt. Die nun biegsam gewordenen Fäden, welche sich schön roth färben, kann man zum Schluss vor dem Auflegen des Deckglases noch unter dem Simplex, wenn nöthig, etwas auseinander präpariren, schon um eine möglichst gleichmässige Färbung herbeizuführen.

Das in dieser Weise hergestellte Präparat eignet sich für alle Untersuchungen, bei denen nicht von vornherein lebendes Material erforderlich ist Zelltheilung und Wachsthum lassen sich, da alle Störungen durch Inhaltskörper der Zelle wegfalllen, ganz besonders bequem daran studieren, ebenso der Bau und die Entwickelung der durch ein dunkleres Roth ausgezeichneten plurilocularen Sporangien, sobald man nur die Fäden im richtigen Momente der Einwirkung der Eau de Javelle entzogen hat; dies geschieht am besten dann, wenn der Zellinhalt sich in eine gleichmässig hellgelblich-grüne Masse umgesetzt hat, also noch nicht völlig zerstört ist.

Selbst die Gestalt der Chromatophoren, welche nicht selten mit einem Schlage die Frage nach der systematischen Stellung entscheidet, erkennt man meist mit zweifelloser Deutlichkeit wenigstens an einzelnen Zellen, die durch irgend einen Umstand vor intensiverer Einwirkung des Eau de Javelle geschützt waren, nöthigenfalls und sicher dann, wenn man eine zweite Probe noch kürzere Zeit, als oben angegeben wurde, der zerstörenden Flüssigkeit aussetzt.

Alphabetisches Verzeichniss der benutzten Litteratur.

1. Agardh, C. A., Species Algarum. Vol. II. 1828.
2. — —, Systema Algarum. 1824.
3. Agardh, J. G., Species, genera et ordines Algarum. Vol. I. 1848.
4. Areschoug, Phyceae Scandinavicae marinae. 1850.
5. Askenasy, Beiträge zur Kenntniss der Gattung *Ectocarpus*. (Botanische Zeitung. 1869.)
6. Berthold, Die geschlechtliche Fortpflanzung der eigentlichen Phäosporeen. 1881. (Mittheilungen aus der zoologischen Station zu Neapel. Bd II.)
7. — —, Studien über Protoplasmamechanik. 1886.
8. Crouan, H. M. et P. L., Algues marines du Finistère. 1852. (Algae exsiccatae.)
9. — —, Florule du Finistère. 1867.
10. Dillwyn, British Confervae. 1809.
11. English Botany or coloured figures of british plants with their essentia characters etc. by J. E. Smith and J. Sowerbay. 1790—1814.
12. Falkenberg, Die Algen im weitesten Sinne. 1882. (In Schenk, Handbuch der Botanik. Bd. II.)
13. Farlow, The marine Algae of new England. 1880.
14. Foslie. Nye havsalger. 1887.
15. Flora Danica. Icones plantarum etc. 1761—1874.

16. Gobi, Die Brauntange des Finnischen Meerbusens. 1874. (Mémoires de l'Académie impériale des Sciences de St. Petersbourg. Sér. VII. T. XXI. No. 9.)
17. — —, Die Algenflora des weissen Meeres und der demselben zunächst liegenden Theile des nördlichen Eismeeres. 1878. (l. c. Tome XXVI. No. 1.)
18. Goebel, Zur Kenntniss einiger Meeresalgen. (Botanische Zeitung. 1878.)
19. Harvey, Phycologia Britannica. 1871.
20. — —, Nereis Boreali-Americana. P. I. *Melanospermeae*. 1852.
21. Hauck, Die Meeresalgen Deutschlands und Oesterreichs. 1885.
22. Janczewsky, Observations sur l'accroissement du thalle des Phaeosporées 1875. (Mémoires de la Société nationale des Sciences naturelles de Cherbourg. T. XIX.)
23. Kjellman, Bidrag till kännedomen om Scandinaviens Ectocarpeer och Tilopterider. 1872. (Akademisk afhandling.)
24. — —, Ueber die Algenvegetation des Murmanschen Meeres an der Westküste von Novaja Semja und Wajgatsch. 1877. (Nova acta regiae Societatis scientiarum Upsaliensis. Ser. III. Volumen extra ordinem editum.)
25. — —, The Algae of the Arctic Sea. 1883. (Kongl. Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar. Bd. XX. No. 5.)
26. — —, Handbok i Skandinaviens Hafsalgflora. I. *Fucoideae*. 1890.
27. Kützing, Phycologia generalis. 1843.
28. — —, Phycologia germanica. 1845.
29. — —, Tabulae phycologicae. 1845—71.
30. — —, Species Algarum. 1849.
31. Le Jolis, Liste des Algues marines de Cherbourg. 1863.
32. — —, Algues marines de Cherbourg. (Algae exsiccatae.)
33. Lyngbye, Tentamen Hydrophytologiae Danicae. 1819.
34. Magnus, Botanische Untersuchungen der Pommerania-Expedition 1871. (Aus dem Bericht über die Expedition zur physikal.-chem. und biolog. Untersuchung der Ostsee im Sommer 1871 auf S. M. Avisodampfer Pommerania.)
35. Nägeli, Die neueren Algensysteme. 1847.
36. Poulsen, Botanische Mikrochemie (deutsch von C. Müller. 1881).
37. Pringsheim, Beiträge zur Morphologie der Meeresalgen. 1862. (Abhandlungen der Königl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin. 1861.)
38. — —, Ueber den Gang der morphologischen Differenzirung in der Sphacelarien-Reihe. 1873. (l. c. 1873.)
39. Reinke, Algenflora der westlichen Ostsee deutschen Antheils. 1889. (Bericht der Commission zur Untersuchung der deutschen Meere in Kiel. 6.)
40. — —, Atlas deutscher Meeresalgen. Heft. I. Taf. 1—25 und Heft II. Taf. 26—35. 1889 und 1890.
41. — —, Lehrbuch der allgemeinen Botanik. 1880.
42. — —, Ueber die Gestalt der Chromatophoren bei einigen Phäosporeen. (Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft. Jahrg. 1888. Bd. VI. Heft 6.)
43. Roth, Catalecta Botanica. 1797—1806.
44. Schmitz, Die Chromatophoren der Algen. 1882.
45. — —, Beiträge zur Kenntniss der Chromatophoren. 1884. (Pringsheim's Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik. Bd. XV. Heft 1.)
46. Strassburger, Botanisches Practicum. 2. Auflage. 1887.
47. Thuret, Recherches sur les zoospores des algues et les anthéridies des Cryptogames. I. P. Zoospores des Algues. 1850. (Annales des sciences naturelles. T. XIV.)

Lebenslauf.

Ich, Paul Ernst Hermann Kuckuck, wurde geboren am 24. Mai 1866 zu Petricken bei Seckenburg i. Ostpr. als Sohn des im Jahre 1878 zu Züllichau verstorbenen Regierungs- und Bauraths Hermann Kuckuck, erhielt meine Ausbildungen auf den Königl. Gymnasien zu Gumbinnen und von Ostern 1879 bis Michaelis 1885 mit einer halbjährigen Unterbrechung zu Schulpforta. Nach abgelegtem Abiturientenexamen besuchte ich von Michaelis 1885 bis Michaelis 1888 die Universität Berlin und wurde dann als Assistent an das Botanische Institut der Universität Kiel engagirt.

Vorlesungen hörte ich bei den Herren Professoren und Doktoren: Ascherson, Du Bois-Reymond, Brandt, Eichler, Emmerling, Glogau, Grimm, v. Helmholtz, Jessen, Karsten, Knoblauch, Krohn, Krümmel, Ladenburg, Magnus, v. Martens, Paulsen, Reinke, Schwendener, F. E. Schulze, Schütt, Seeliger, Sell, Websky, Weyer.

Allen meinen Herren Lehrern, insbesondere den Herren Professoren Reinke, Magnus, Schwendener und Sagorski, sage ich hiermit meinen herzlichsten Dank.

1) D ie bisher aufgestellte

2) D n *Phaeo-sporeen* al lient vorläufig vor zug.

3) D mern erscheint zw

